

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**PETRİ ŞƏBƏKƏSİNİN TƏTBİQİ İLƏ NEFT BAZALARININ TEXNOLOJİ
PROSESLƏRİNİN MODELƏŞDİRİLMƏSİ VƏ İDARƏ OLUNMASININ
MODEL VƏ ALQORİTMLƏRİNİN İŞLƏNMƏSİ**

Ixtisas: 3337.01 - İnformasiya-ölçmə və idarəetmə sistemləri

Elm sahəsi: texnika

Fəlsəfə doktoru

elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş

DİSSERTASIYA

İddiaçı: _____ **Könül Əsvər qızı Allahverdiyeva**

Elmi rəhbər: _____ **texnika elmləri doktoru, professor
Valeh Azad oğlu Mustafayev**

Bakı - 2025

MÜNDƏRİCAT

Giriş.....	4
FƏSİL 1. NEFT BAZALARININ TƏSNİFATI, ÖLÇMƏ SİSTEMLƏRİNİN TEXNOLOJİ PROSESLƏRİN MODELLEŞDİRİLMƏSİNİN MÜASİR VƏZİYYƏTİNİN ANALİZİ.....	13
1.1. Ədəbiyyat mənbələrinin xülasəsi, neft bazalarının təsnifatı, ölçmə sistemlərinin və texnoloji proseslərin modelləşdirilməsinin müasir vəziyyətinin analizi.....	13
1.2. Dissertasiya işinin məqsədi və məsələlərin qoyuluşu.....	29
FƏSİL 2. NEFT BAZALARINDA REZERVUAR PARKININ KOMMERSİYA UÇOTU VƏ İDARƏ EDİLMƏSİ ÜÇÜN ÖLÇMƏ SİSTEMLƏRİNİN TƏSNİFATI, SIXLIĞININ VƏ QEYRİ-MÜƏYYƏNLİKLƏRİN HESABLANMASI.....	32
2.1. Rezervuar parkının kommersiya uçotu və idarə edilməsi üçün ölçmə sistemi.....	32
2.2. Neft məhsullarının cari sıxlığının avtomatlaşdırılmış hesablanması alqoritmi.....	40
2.2.1. Neft məhsullarının cari sıxlığının avtomatlaşdırılmış hesablanması alqoritmi.....	45
2.2.2. Kompüter eksperimenti nəticəsində neft məhsullarının hesablanmış cari sıxlığı.....	47
2.3. Rezervuar parkının kommersiya uçotu üçün ölçmələrin qeyri-müəyyənliyinin hesablanması.....	51
FƏSİL 3. QEYRİ - MÜƏYYƏN MÜHİTDƏ NEFT MƏHSULLARININ TEMPERATURUNUN TƏNZİMLƏNMƏSİ VƏ SIXLIĞININ TƏYİNİ ÜÇÜN QƏRAR QƏBULU MODELƏRİ.....	55
3.1. Rezervuarda neft məhsulunun temperaturunun təyini modeli...	55
3.2. Rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi üçün qərar qəbuletmə modeli.....	62

3.3. Qeyri-müəyyən şəraitdə neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsinin şəbəkə modeli.....	75
3.4. Qeyri-müəyyənlik şəraitində neft məhsulunun sıxlığının təyini üçün qərar qəbuletmə modeli.....	84
3.5. Qeyri-müəyyənlik şəraitində neft məhsulunun sıxlığının təyini üçün qərar qəbul etmə modeli.....	89
3.6. <i>MATLAB/Simulink</i> mühitdə neft məhsulunun sıxlığının təyini və tənzimlənməsi modelinin realizasiyası.....	104
FƏSİL 4. NEFT MƏHSULLARININ NƏQL OLUNMASI ÜSULLARI, XÜSUSİYYƏTLƏRİ VƏ AVTOMATLAŞDIRILMIŞ LOGİSTİKASI MODELƏRİNİN İŞLƏNMƏSİ.....	115
4.1. Neft məhsullarının nəql olunması üçün paylayıcı neft bazalarının xüsusiyyətləri.....	115
4.2. Neft məhsullarının logistikasında nəqliyyat vasitəsinin yerdəyişmə modeli.....	122
4.3. Nəqliyyat vasitəsinin «ANP - NB - YDM» yerdəyişməsinin logistik modeli.....	132
Nəticə.....	140
İstifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı.....	141
Əlavələr.....	154

Giriş

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Neft bazaları neft və neft məhsullarının qəbulu, saxlanması, daşınması, istehlakçılara xidmət üçün nəzərdə tutulmuş tikinti və qurğular kompleksindən ibarət olan müəssisədir. Neft bazalarının əsas funksiyası, sənaye müəssisələrini, nəqliyyat vasitələrini, kənd təsərrüfatı sahələrini və digər istehlakçıları lazımi miqdarda və çeşiddə neft və neft məhsulları ilə fasiləsiz təchizatını təmin etmək, neft məhsullarının qəbulu, saxlanması və daşınması zamanı itkilərin miqdarını maksimum dərəcədə aradan qaldırmaqdan ibarətdir.

Neft məhsullarının rezervuarda saxlanması zamanı əsasən aşağıdakı parametrlər dəyişir: 1. temperatur - ətraf mühitin temperaturunun sutkalıq temperatur normasına uyğun olaraq dəyişməsi və ya soyuq fəsillərdə neftin qızdırılması nəticəsində; 2. sıxlıq - yüngül fraksiyaların buxarlanması nəticəsində; 3. səviyyə - buxarlanma, temperatur və sıxlığın dəyişməsi nəticəsində; 4. təzyiq - qaz məkanında təzyiqin artması zamanı.

Neft məhsullarının sıxlığı neftedensimetrin (areometrin) köməyi ilə müəyyən edilir. Bunun üçün nümunə qabının köməyi ilə neft məhsulu götürülür və neftedensimetr həmin qabın içərisinə yerləşdirilir. Neftedensimetrin yuxarı şkalası neft məhsulunun sıxlığını, aşağı şkalası isə neft məhsulunun temperaturunu göstərir. Neft məhsullarının sıxlığını, rezervuardakı neft məhsullarının temperaturunu bilərək, hesablama yolu ilə də müəyyən etmək olar. Müəyyən bir temperaturda neft məhsulunun axtarılan sıxlığı, neft məhsulunun 20°C temperaturdakı sıxlığı və sıxlığın dəyişməsinin temperatur əmsalının orta qiyməti ilə təyin olunur. Sıxlığın nisbi qiyməti olaraq suyun 4°C temperaturda sıxlığına nisbət götürülür. Nisbi sıxlığın dəyişməsinin temperatur əmsalı həm də temperatur düzləndiricisi adlanır və temperaturu 1°C dəyişdikdə neft məhsulunun nisbi sıxlığının dəyişməsi kimi qiymətləndirilir. Bu zaman izafi təzyiqin parametrləri və neft məhsullarının səviyyəsinin hündürlüyü nəzərə alınmır [102, s.1]. Bu isə, neft məhsullarının sıxlığının təyin edilməsinin müasir metodlarının yaradılması üçün rezervuarlarda

müxtəlif prosesləri təsvir edən modellərin işlənilib hazırlanması və dəqiqləşdirilməsini zəruri edir. Odur ki, işlənmiş empirik və ekspert modellər eksperimentlərlə simulyasiya şərtləri daxilində alınan yeni təcrübi verilənlərin alınmasını, toplanmasını, dürüsləşdirilməsini və tamamlanmasını təmin etməlidir. Bu baxımdan yeni hesablama və informasiya texnologiyalarından, modelləşdirmə aparatlarından və süni intellekt texnologiyalarından istifadə olunmaqla qeyri-müəyyən mühitdə neft məhsullarının temperaturunun təyini və tənzimlənməsi, sıxlığının hesablanması və logistikası modellərinin işlənməsi aktual elmi-texniki məsələdir.

Bazar iqtisadiyyatı şəraitində istehlakçıların müxtəlif assortimentə, tələbatə uyğun miqdarda, təhlükəsiz və minimal xərclərlə neft məhsullarına olan tələbatların ödənilməsi üçün effektiv rəqabət qabiliyyətli logistik sistemlərin yaradılmasını zəruri edir. Neft məhsullarının logistikası maliyyə, material və informasiya axınını özündə birləşdirən mürəkkəb ierarxik struktura malik şəbəkə sistemidir. Bu sistemin komponentləri neft şirkətləri, neft emalı zavodları, neft məhsullarının təminatı müəssisələri (neft bazaları) və onlara təhkim olunmuş yanacaq doldurma məntəqələri, digər komplekslərdən ibarətdir.

Yanacaq doldurma məntəqələrinin tələbatına uyğun olaraq neft məhsullarının təminatı müəssisələrindən müxtəlif növ neft məhsullarının müəyyən müddət ərzində paylanması üçün imitasiya modelləşdirilməsi üsullarından istifadə edilir.

Ancak bu üsullar neft məhsullarının müxtəlif variantlarda paylanması marşrutlarını, həmçinin regiondan asılı olaraq daşınma xərclərinin minimallaşdırılması və ehtiyatların hesablanması, nəqliyyat vasitələrinin yerdəyişməsini və digər kompleks məsələləri həll etmir. Bir çox işlərdə ehtiyatların idarə olunması müxtəlif üsullarla modelləşdirilir, logistik alqoritmlərdə eyni nəqliyyat vasitəsi ilə müxtəlif növ neft məhsullarının daşınması nəzərdə tutulur.

Bir çox hallarda isə tətbiq olunan imitasiya modelləri «neftayırma zavodları - neft bazalar» zəncirini əhatə edir, «neft bazaları - yanacaq doldurma məntəqələri» logistik paylanma şəbəkəsini əhatə etmir. Bundan başqa həmin logistik paylanma şəbəkəsində ayrı-ayrı neft bazalarına təhkim olunmuş avtonəqliyyat parkına aid

olan nəqliyyat vasitələrinin digər regionun neft bazalarına təhkim olunmuş yanacaq doldurma məntəqələrinə yerdəyişməsinə nəzərdə tutmur. Beləliklə, avtonəqliyyat parkı parametr kimi logistik modelə daxil olmur, ancaq nəqliyyat vasitəsinin «neft bazası - yanacaq doldurma məntəqələri» yerdəyişməsinə baxılır. Yuxarıda deyilən xüsusiyyətlər neft məhsullarının təminatı prosesinin idarə olunması və logistikasında sistemli təsvir formalarından və dinamik modelləşdirmə aparatlarından istifadə olunmaqla yeni logistik modellərin işlənməsini aktuallaşdırır.

Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri. Dissertasiya işinin məqsədi neft bazalarında Petri şəbəkəsinin genişlənmələrinin tətbiqi ilə texnoloji proseslərin modelləşdirilməsi, idarə olunması, logistikasının model və alqoritmlərinin işlənməsidir.

Dissertasiya işinin əlavə məqsədi qeyri-müəyyən mühitdə neft bazalarında rezervuarlarda saxlanılan neft məhsullarının kommersiya uçotunu və logistikasına nəzarət edəcək informasiya-ölçmə sisteminin təkmilləşdirilməsidir.

Tədqiqatın metodları. Qoyulmuş məsələlərin həlli zamanı Petri şəbəkəsi (*PS-i*) nəzəriyyəsi, kütləvi xidmət sistemləri nəzəriyyəsi, qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsi, matrislər nəzəriyyəsi, qraflar nəzəriyyəsi, formal dillər nəzəriyyəsi, süni intellektin müasir konsepsiya və metodları istifadə edilmişdir.

Qoyulmuş məsələlərin həllində Petri şəbəkələri (*PS-i*), kütləvi xidmət sistemləri, ölçmə və informasiya-ölçmə sistemləri, qeyri-səlis çoxluqlar, matrislər, qraflar və formal dillər nəzəriyyələri, həmçinin süni intellektin müasir konsepsiya və metodlarından istifadə olunmuşdur.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

- neft və neft məhsullarının qəbulu, saxlanılması, daşınması üçün istifadə olunan neft bazaları təsnif olunaraq, texnoloji proseslərin əsas parametrlərinin sistemləşdirilməsi;

- qeyri-müəyyən mühitdə rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun təyini və tənzimlənməsi üçün qeyri-səlis *PS-i* və *C_f* tipli qeyri-səlis *PS-i* şəklində şəbəkə modelləri;

- qeyri-müəyyən mühitdə rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi və sıxlığının təyini üçün qərar qəbuletmə modelləri;

- MATLAB/Simulink mühitində neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi və sıxlığının təyini modellərinin realizasiyası;

- rezervuarda neft məhsullarının sıxlığının avtomatlaşdırılmış hesablanması alqoritmi;

- paylayıcı neft bazalarında neft məhsullarının logistikası üçün nəqliyyat vasitələrinin yerdəyişmə modeli;

- paylayıcı neft bazalarında nəqliyyat vasitələrinin «Nəqliyyat vasitələri - neft bazaları - yanacaq doldurma məntəqələri» yerdəyişməsinin logistik modeli;

- qeyri-müəyyən mühitdə rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi və sıxlığının təyin edilməsinin proqram təminatı.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Dissertasiya işinin elmi yenilikləri aşağıdakılardan ibarətdir:

- qeyri-müəyyən mühitdə rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun təyini modeli qeyri-səlis PŞ-si şəklində, rezervuarda temperaturun tənzimlənməsi modeli C_f tipli qeyri-səlis PŞ-si şəklində işlənmişdir;

- qeyri-müəyyən mühitdə rezervuarda neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsi və neft məhsulunun sıxlığının təyini üçün qərar qəbuletmə modelləri işlənmişdir;

- rezervuarda neft məhsullarının sıxlığının avtomatlaşdırılmış hesablanması alqoritmi təklif edilmiş və işlənmişdir;

- rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi və sıxlığın təyini modelləri Fuzzy və PID inteqrasiya sistemində işlənmişdir;

- paylayıcı neft bazalarında neft məhsullarının logistikası üçün nəqliyyat vasitələrinin yerdəyişmə modeli rəngli PŞ-i şəklində işlənmişdir;

- paylayıcı neft bazalarında nəqliyyat vasitələrinin «Nəqliyyat vasitələri - neft bazaları - yanacaq doldurma məntəqələri» yerdəyişməsinin logistik modeli zaman

PŞ-i şəklində işlənmişdir. İşlənmiş logistika modelinin fəaliyyəti və idarə olunmasının produksiya qaydalar bazası yaradılmışdır.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti və nəticələrin tətbiqi. Dissertasiya işinin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, alınmış elmi-praktiki nəticələr, təklif olunmuş yanaşma alqoritm, işlənmiş qərar qəbuletmə, logistika modelləri paylayıcı neft bazalarında texnoloji proseslərin idarə olunmasında rezervuar parkının kommersiya uçotu və ölçmə sisteminin təkmilləşdirilməsində, süni intellekt texnologiyasından qeyri-müəyyən mühitdə neft məhsullarının logistika modellərinin tədqiqində istifadə oluna bilər.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı Respublika və beynəlxalq elmi-texniki konfranslarda müzakirə edilmişdir: Международная научная конференция: Наука, технология, производство-2017 «Прикладная наука как инструмент развития нефтехмических производств» (Салават, 22 май, 2017); XXI Республиканская научная конференция докторантов и молодых исследователей (Баку, 24 октябрь, 2017); I Международная научная конференция «Информационные системы и технологии: достижение и перспективы» (Сумгаит, 15-16 ноября, 2018); I Beynəlxalq elmi konfransı «İnformasiya sistemləri və texnologiyalar nailiyyətlər və perspektivlər» (Sumqayıt, 15-16 noyabr, 2018); XXII Республиканская научная конференция докторантов и молодых исследователей (Баку, 22-23 ноябрь, 2018); XXXII международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях» (Санкт-Петербург, 3-7 июнь, 2019); XIII Международная научная конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы математики и информатики» (Махачкала, 16-20 сентября, 2019); I Beynəlxalq elmi-praktik konfransı «Müasir informasiya, ölçmə və idarəetmə sistemləri: problemlər və perspektivlər (MİÖİS: MPP 2019)» (Bakı, 01-02 iyul, 2019); XXII Международная конференция «Вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2021)» (Алушта, 04-13 сентября, 2021); II Beynəlxalq elmi konfransı «İnformasiya sistemləri və texnologiyalar: nailiyyətlər və perspektivlər» (Sumqayıt, 09-10 iyul, 2020); XIV

Международная научная конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы математики и информатики» (Махачкала, 16-19 сентября, 2021); IV Respublika elmi konfransı «Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları» (Sumqayıt, 09-10 dekabr, 2021); III Beynəlxalq elmi konfransı «İnformasiya sistemləri və texnologiyalar nailiyyətlər və perspektivlər» (Sumqayıt, 08-09 dekabr, 2022).

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Sumqayıt Dövlət Universitetinin Elektronika və kompüter texnikası kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiya işinin həcmi və strukturu. Dissertasiya girişdən, dörd fəsildən, nəticədən, istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından və əlavələrdən ibarətdir. İşin əsas məzmunu 140 səhifə, 26 şəkil və 16 cədvəldən ibarətdir. Ədəbiyyat siyahısında 107 adda mənbə göstərilmişdir. Dissertasiya işinin ümumi və struktur bölmələrinin işarə ilə həcmi təqribi olaraq aşağıdakı qaydada paylanmışdır:

- Ümumi - 206165, (198278) işarə
- Giriş - 16815 işarə
- Birinci fəsil - 35077 işarə
- İkinci fəsil - 31377 işarə
- Üçüncü fəsil - 75680 işarə
- Dördüncü fəsil - 37494
- Nəticə - 1835 işarə

Birinci fəsil funksional təyinatına görə neft bazaları qruplaşdırılmışdır. Əməliyyatların xarakterinə, istehlakçılara göstərilən xidmətin keyfiyyəti, sanitariya və yanğın normalarına uyğun, avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkətinin mütləq şəkildə minimallaşdırılması nəzərə alınmaqla neft bazalarının yerləşdirilməsinin məqsədəuyğunluğu göstərilmişdir. Qeyd edilmişdir ki, neft bazalarının xüsusiyyətləri onların strukturunun tərkibini müəyyənləşdirir, istiqamətləndiyi nəqliyyat növləri və fəaliyyətlərinin tənzimlənməsini şərtləndirir. Bütün neft bazalarının iş prinsipi təhlil edilmiş və göstərilmişdir ki, paylayıcı neft bazalarının əsas funksiyası neft məhsullarının saxlanılmasını, paylanmasını, istehlakçılara

maksimum operativliklə, minimum itki və daşınma xərcləri ilə çatdırılmasını təmin etməlidir. Göstərilmişdir ki, yaradılmış müasir avtomatlaşdırılmış nəzarət və ölçmə sistemləri aşağıdakı xüsusiyyətlərə malik olmalıdır: rezervuar parkı müəyyən edilmiş miqdarda neft və neft məhsullarının çeşidinin qəbulunu, saxlanılmasını və göndərilməsini təmin etməlidir; texnoloji boru kəmərləri müxtəlif növ neft məhsullarının eyni zamanda qəbulunu və göndərilməsini keyfiyyətin qarışdırılması və itirilməsi olmadan həyata keçirmə imkanına malik olmalıdır; maye drenaj qurğuları, həmçinin nasos avadanlığı neft məhsullarının vaxt normativlərinə müəyyən olunmasını təmin etməlidir.

Rezervuarlarda neft və neft məhsullarının kommersiya uçuotu və idarəedilməsi üçün müasir ölçmə sistemləri analiz edilmişdir. Analiz nəticəsində göstərilmişdir ki, sistemin bir hissəsi kimi ölçmə cihazlarından sıxlığın hesablanması üçün istifadə zamanı, bu parametrlərdən birinin daha az dəqiqliklə ölçülməsi həcm və kütlə hesablanmalarının dəqiqliyinin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına səbəb olur. Bu baxımdan Rosemount sisteminin rezervuarlarda neft və neft məhsullarının parametrlərinin ölçülməsi əməliyyatlarını riskləri azaldır və ölçmə xətalalarının minimuma endirilməsi prosesini reallaşdırır.

Paylayıcı neft bazalarının tədqiqi, idarə olunmasının modelləşdirilməsinin müasir vəziyyəti analiz edilmişdir. Analiz nəticəsində göstərilmişdir ki, neft bazalarında saxlanılan neft məhsullarının qəbulu, keyfiyyəti, saxlanılması, daşınması və idarə olunması üçün əsas parametrlərin modelləşdirilməsi və hesablanması metodlarının təkmilləşdirilməsi müasir texnologiyalara əsaslanan modellərin yaradılmasını zəruri edir. Bununla əlaqədar olaraq müasir süni intellekt texnologiyalarından istifadə olunmaqla neft məhsullarının əsas parametrlərinin - temperaturun, sıxlığın, səviyyənin, təzyiqin və s. qiymətləndirilməsi və hesablanması üçün yeni yanaşmaların, alqoritmlərin və modellərin işlənilməsi əsaslandırılmışdır.

İkinci fəsil neft bazalarında rezervuar parkının kommersiya uçuotu və idarə edilməsi üçün ölçmə sistemlərinin təsnifatına, sıxlığın və qeyri-müəyyənliklərin hesablanmasına həsr edilmişdir. Göstərilmişdir ki, rezervuar parkının kommersiya

uçotu və idarə edilməsi neft məhsullarının parametrlərinin ölçmə dəqiqliyindən asılı olur. Bu məqsədlə yüksək dəqiqliyə malik temperatur, səviyyə, təzyiq ölçmə çeviriciləri, radar antenalar ilə təchiz edilmiş simli və simsiz texnologiyaları dəstəkləyən sənaye standartlı sistemlərin iş prinsipi təhlil olunmuş, onların üstünlükləri və çatışmamazlıqları göstərilmişdir. İkinci paraqrafda neft və neft məhsullarının cari sıxlığının avtomatlaşdırılmış hesablanması alqoritminin işlənməsinə baxılmışdır. İşlənmiş alqoritmin tətbiqi ilə sınaq olunan neft məhsulunun nisbi sıxlıq diapazonu və diapazana uyğun temperatur düzləndiricisinin avtomatlaşdırılmış hesablanması neft məhsulunun cari sıxlığının verilmiş dəqiqliyə uyğun olmasını təmin edir. İşlənmiş proqram əsasında kompüter eksperimentləri aparılmış, sınaq olunan neft məhsullarının hesablanmış cari qiymətləri təyin edilmişdir. Üçüncü paraqrafda rezervuar parkının kommersiya uçotu üçün ölçmələrin qeyri-müəyyənliyinin hesablanmasına baxılmışdır. Ölçmələrin əsas kəmiyyət verilənlərini ifadə edən standart qeyri-müəyyənlik, onun A və B tipli hesablama üsulları üçün empirik düsturlar verilmişdir.

Üçüncü fəsil qeyri-müəyyən mühitdə neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi və sıxlığının təyini üçün qərar qəbuletmə modellərinin işlənməsinə həsr edilmişdir. Birinci paraqrafda rezervuarda neft məhsulunun temperaturunun təyini modeli qeyri-səlis Petri şəbəkəsi şəklində işlənmişdir. Modelin strukturu matris şəklində təsvir edilmiş, verilmiş başlanğıc qiymətdən icazəli keçidlərin yerinə yetirilmə ardıcılığının trayektoriyası tapılmış, qraf-sxemi qurulmuşdur. İkinci paraqrafda rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi üçün qərar qəbuletmə modeli işlənmişdir. Modelin qeyri-səlis produksiyalar sisteminə əsaslanan qaydalar bazası yaradılmışdır. Qaydalar bazasına daxil olan giriş və çıxış linqvistik dəyişənlərin term çoxluqlarının elementləri təyin edilmişdir. Üçbucaq qeyri-səlis ədəd şəkilli mənsubluq funksiyası seçilərək term çoxluqlarının elementləri fəzəzləşdirilməmişdir. Aqreqasiya, akkumulyasiya və aktivizasiya mərhələləri reallaşmışdır, defəzəzləşdirilmə nəticəsində çıxış dəyişəninə ədədi qiymətləri tapılmışdır. Üçüncü paraqrafda neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsi modeli C_f tipli qeyri-səlis Petri şəbəkəsi şəklində işlənmişdir.

Mövqələr, keçidlər çoxluqlarının doğruluq, çoxluq və həyəcanlanma həddi funksiyaları vektorlarının elementləri təsvir edilmiş, modelin strukturu alınmışdır. Verilmiş başlanğıc vəziyyətdən həyəcanlanmış keçidlər ardıcılığının trayektoriyası tapılmış, modelin qraf-sxemi qurulmuşdur. Dördüncü paraqrafda rezervuarda neft məhsullarının sıxlığının təyini üçün qərar qəbuletmə modeli işlənmişdir. Modelin qeyri-səlis produksiyalar şəklində qaydalar bazası yaradılmışdır. Bazaya daxil olan giriş və çıxış linqvistik dəyişənlərin term çoxluqlarının elementləri trapesya şəkilli qeyri-səlis interval şəkilli mənsubluq funksiyası seçilərək fəzəffikasiya edilmişdir. Aqreqasiya, akkumulyasiya və aktivizasiya mərhələləri reallaşdırılmış, defəzəffikasiya nəticəsində çıxış dəyişənlərin ədədi qiymətləri tapılmışdır.

Dördüncü fəsil neft məhsullarının nəql olunması üsulları, xüsusiyyətləri və avtomatlaşdırılmış logistikası modellərinin işlənməsinə həsr edilmişdir. Bu məqsədlə neft məhsullarının nəql olunması üçün paylayıcı neft bazalarının xüsusiyyətləri və daşınma üsullarının üstünlükləri və çatışmazlıqları kəmiyyət və keyfiyyət itkilərinin göstəriciləri analiz olunmuşdur. İkinci paraqrafda neft məhsullarının logistikasında nəqliyyat vasitəsinin yerdəyişmə modeli rəngli Petri şəbəkəsi şəklində işlənmişdir. Mövqələr, keçidlər çoxluqların, keçidlərin giriş və çıxış mövqələrində rənglərin paylanma funksiyası vektorunun elementləri təsvir edilmiş, modelin struktur elementləri vektorlar və matrislər şəklində formalaşdırılmış, şəbəkənin qraf sxemi qurulmuşdur. Verilmiş başlanğıc vəziyyətdən icazəli keçidlərin yerinə yetirilmə ardıcılığı trayektoriyası tapılmışdır. Üçüncü paraqrafda ANP-NB-YDM yerdəyişməsinin logistik modelini zaman Petri şəbəkəsi şəklində işlənmişdir. Modelin strukturu matris şəklində təsvir edilmiş, verilmiş başlanğıc vəziyyətdən icazəli keçidlərin yerinə yetirilmə ardıcılığının trayektoriyası tapılmış, qraf-sxem qurulmuşdur. İşlənmiş logistika modelinin fəaliyyəti və idarə olunmasının produksiya qaydalar bazası yaradılmışdır.

Nəticədə dissertasiyanın əsas nəzəri və praktiki nəticələri verilmişdir.

Əlavələrə işlənmiş proqram təminatının listinqləri, kompüter eksperimentinin nəticələri daxil edilmişdir.

I FƏSİL. NEFT BAZALARININ TƏSNİFATI, ÖLÇMƏ SİSTEMLƏRİNİN VƏ TEXNOLOJİ PROSESLƏRİN MODELLƏŞDİRİLMƏSİNİN MÜASİR VƏZİYYƏTİNİN ANALİZİ

1.1. Ədəbiyyat mənbələrinin xülasəsi, neft bazalarının təsnifatı, ölçmə sistemlərinin və texnoloji proseslərin modelləşdirilməsinin müasir vəziyyətinin analizi

Neft bazaları neft və neft məhsullarının qəbulu, saxlanması, daşınması, istehlakçılara xidmət üçün nəzərdə tutulmuş tikinti və qurğular kompleksindən ibarət olan müəssisədir [5, s.242-243, 53, s.82-88]. Neft bazalarının əsas vəzifəsi, sənaye müəssisələrini, nəqliyyat vasitələrini, kənd təsərrüfatı sahələrini və digər istehlakçıları lazımi miqdarda və çeşiddə neft və neft məhsulları ilə fasiləsiz təchizatını təmin etmək, neft məhsullarının qəbulu, saxlanması və daşınması zamanı itkilərin sayını maksimum dərəcədə aradan qaldırmaqdan ibarətdir.

Funksional təyinatına görə neft bazaları aşağıdakı qruplara bölünür [49, s.4, 50, s.5]:

1. *Yükboşaldıcı neft bazaları* - digər nəqliyyat növündən neft və neft məhsullarının boşaldılıb-yüklənməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Onlar gəmiçiliyə yararlı çaylar, göllər və dəniz limanlarına yaxın yerlərdə yerləşdirilir.

Su-dəmir yolu neft bazaları çaylar və dəniz sahillərində yerləşir. Əksər hallarda su və dəmir yolu magistrallarının kəsişməsində yerləşən, neft və neft məhsullarının bir nəqliyyat növündən digərinə boşaldılması və yüklənməsi prosesini yerinə yetirən iri yükboşaldıcı neft bazalarıdır [12, s.6].

Yükboşaldıcı neft bazalarının tutumu 2000 m^3 olan çox sayda rezervuarlara malik olmalıdır. Bu da öz növbəsində neft bazasında kifayət qədər neft məhsullarının saxlanılmasına imkan verir. Yükboşaldıcı neft bazaları əsasən dəniz sahillərində yerləşdiyindən su nəqliyyatı ilə daşımalar daha əlverişlidir. Hal-hazırda 150 min tonluq tankerin istismar olunduğunu nəzərə alsaq, o zaman dəniz yükdaşımaları yüksək əhəmiyyət kəsb edir [52, s.73-76].

Aktiv yükləmə prosesi dövründə, neft məhsullarının rezervuarlara maksimum həddə qədər doldurulması və boşaldılması məsləhət görülmür. Mövsümi ehtiyatların yaradılması və ya artıq ehtiyatların paylayıcı neft bazalarında müvəqqəti saxlanması zamanı rezervuarların tutumundan səmərəli istifadə edilməsi məqsədi ilə onların ümumi həcmələrinin 90-95%-in doldurulmasına icazə verilir. Aktiv istismar dövründə belə vəziyyətə yol verilməməlidir, çünki bu hal mütləq şəkildə nəqliyyat vasitələrinin dayanmasına səbəb olacaqdır [21, s.159].

2. Paylayıcı neft bazaları - istehlakçıları neft və neft məhsulları ilə təmin etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Paylayıcı neft bazaları yükboşaldıcı neft bazasına nisbətən daha kiçikdir və müəyyən bölgəyə xidmət üçün yaradılır. Ümumilikdə isə yükboşaltmalar və neft məhsullarının qısa müddətli saxlanması üçün fəaliyyət göstərir. Paylayıcı neft bazaları gün ərzində nə qədər neft məhsulu qəbul edirsə, təxminən bir o qədər də paylayır. Paylayıcı neft bazaları neft məhsullarını tankerlər, boru kəməri, dəmir yolu nəqliyyatı vasitəsilə qəbul edir və dəmiryolu nəqliyyatı, xırda barjlar, kiçik konteynerlər, avtonəqliyyat vasitəsilə daşınmasını həyata keçirirlər [7, s.81-82, 79, s.100].

Paylayıcı neft bazalarına 30 000 m³-ə qədər tutuma malik olan, ikinci və üçüncü kateqoriyalı neft bazaları aid edilir. Nadir hallarda isə daha çox tutuma malik olan neft bazaları bu tip neft bazalarına aid edilir. Paylayıcı neft bazaları dəmir yolu, su, boru kəməri və avtomobil nəqliyyatından neft məhsullarını qəbul edir və bu məhsullar dəmir yolu vaqonlarına, kiçik barjlara, avtomobillərə, kiçik konteynerlərə yüklənir.

Əməliyyatların xarakterinə görə paylayıcı neft bazaları regional və rayon, dəmir yolu, su-dəmir yolu və su sahələrinə bölünür. Onlar istehlakçılara göstərilən keyfiyyətli xidməti nəzərə alınmaqla, sanitariya və yanğın normalarına uyğun şəkildə yerləşdirilməlidir. İstehlakçılardan neft bazasına qədər avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkət marşrutunun minimal olması mütləq şəkildə nəzərə alınmalıdır. Paylayıcı neft bazaları həmçinin, dərin bazaları və magistral boru kəmərlərini də əhatə edir. Birinci tip bazalar dəmir yolu və su daşımalarından uzaq məsafədə yerləşir. Buna görə də neft məhsullarının daşınması avtonəqliyyat vasitəsilə yerinə

yetirilir. İkinci tip bazaları isə magistral boru kəmərlərinin yaxınlığında yerləşir [12, s.19, 27, s.50]. Boru kəmərlərindən neft məhsullarının vaxtaşırı verilməsi təchiz olunur və neft məhsullarının buraxılışı avtonəqliyyat vasitəsilə həyata keçirilir [69, s.6].

Dərin paylayıcı neft bazaları istehlakçıları neft məhsulları ilə təmin edən kütləvi buraxılma məntəqələridir. Kənd təsərrüfatı istehlakçıları tərəfindən neft məhsullarının istehlakının azaldığı qış dövründə dərin neft anbarlarında yaz tarla işləri üçün neft məhsulları ehtiyatları toplanmalıdır.

3. *Yükboşaldıcı-paylayıcı neft bazaları* - yükboşaldıcı və paylayıcı neft bazalarının hər ikisinin iş prinsipini icra edir. Təyinatına görə, neft bazaları yükboşaldıcı, paylayıcı, yükboşaldıcı-paylayıcı və saxlama bazaları ola bilər. Paylayıcı neft bazaları daha geniş yayılmış və regionlarda yerləşən neft və neft məhsullarının bilavasitə istehlakçıların xidmət bazası ilə təmin edilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur.

4. *Saxlanılma bazaları* - qəbuletmə, saxlanılma və neft məhsullarının dövrü yenilənməsini həyata keçirir [27, s.9].

Əmtəə neft bazaları - neft emalı zavodlarında yükboşaldıcı və paylayıcı neft anbarlarından başqa, xammal və hazır məhsul anbarları da mövcuddur. Onlar adətən xüsusi təyin olunmuş sahələrdə yerləşir. Xammal anbarlarının təyin edilməsi dəmir yolu, su və boru kəməri nəqliyyatından xammalın qəbulu, zavodun fasiləsiz işinin təmin edilməsi üçün zəruri ehtiyatın saxlanması, emal üçün xammalın hazırlanması (susuzlaşdırma, demulsasiya, duzsuzlaşdırma, qarışdırma və s.) və boru kəməri üzrə zavoda verilməsi deməkdir. Əmtəə çənləri və ya anbarlarının məqsədi boru kəmərləri vasitəsi ilə emal edilmiş məhsulları qəbul etmək, istismar ehtiyatlarını saxlamaq və məhsulları yenidən yükboşaldıcı və paylayıcı neft bazalarına göndərməkdir. Neft bazalarının təyinatından asılı olaraq (yükboşaldıcı, paylayıcı, mövsümi tənzimləmə və s.) istehsal prosesləri müxtəlif olur. Əgər yükboşaldıcı neft bazası neft məhsullarını bir nəqliyyat vasitəsindən digərinə yüklənməsini həyata keçirirsə, paylayıcı neft bazalarının əsas vəzifəsi neft məhsullarının saxlanılmasını, paylanılmasını və çatdırılmasını həyata keçirir. Neft bazalarının

xüsusiyyəti onların strukturlarının tərkibini də müəyyənləşdirir. Məsələn, dəmiryol paylayıcı neft bazasının tərkibinə dəmir yolu yükləyici və boşaldıcı estakadalar daxildir. Su neft bazası isə sahil dayanacaq qurğularına malik olur. Neft bazalarının istiqamətləndiyi nəqliyyat növləri onların işinin tənzimlənməsini şərtləndirir. Belə ki, dəmir yolu, boru kəməri və su nəqliyyatı neft bazasından daha səmərəli işləyir [26, s.9]. Qeyd olunan bütün neft bazaları bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədədir. Onların əsas vəzifəsi istehlakçıları maksimum operativliklə, daha az itki və istismar xərcləri sərf edərək neft məhsulları ilə təmin etməkdir. Bu vəzifəni yerinə yetirmək üçün neft bazalarının aşağıdakı əsas tələbləri yerinə yetirən texniki təchizatı olmalıdır [100, s.5]:

1. Neft bazası lazımi miqdarda və çeşiddə neft məhsullarının saxlanılması üçün tutuma malik olmalıdır;
2. Boru kəmərləri kommunikasiyaları eyni vaxtda müxtəlif neft məhsullarının qarışdırılmadan qəbulunu və buraxılmasını təmin etməlidir;
3. Yükləyici və boşaldıcı dayaqqlar və nasos qurğuları, müxtəlif neft məhsullarının yükləmə və boşalma üçün vaxt normalarına nəzarəti təmin etməlidir.

Neft məhsulları təchizatı sisteminin yanacaq doldurma məntəqələrinin paylama şəbəkəsi üçün neft məhsullarının qəbulu, saxlanılması və buraxılması kimi mühim funksiyaları yerinə yetirən neft anbarları, anbarlar və yanacaq anbarları yüksək riskli obyektlər kimi təsnif edilir.

Əldə edilmiş neftin neftayırma zavodlarından istehlakçıya çatdırılmaya qədər əhəmiyyətli dərəcədə itkilərlə müşayiət olunur [10, s.214, 47, s.9]. Boru kəməri nəqliyyatında, rezervuarlarda, yükboşaldıcı gəmilərinin, dəmir yolu nəqliyyatı və avtomobil sisternlərində aparılan işlər zamanı, natamam boşaldılma, qəza, dağılma, çiləmə və buxarlanma prosesində yol verilən itkilər ölkə iqtisadiyyatına böyük ziyan vurur. Bu da öz növbəsində ictimai əməyin izafi xərclərinə və istehsalın səmərəliliyinin azalmasına gətirib çıxarır. Bundan başqa, qəza, dağılma və sızmalar zamanı neft və neft məhsullarının itkiləri torpağı, qrunut sularını və su hövzələrini çirkləndirir. Rezervuarlarda hazır neft məhsullarının daşınması zamanı və buxarlanma nəticəsində də itkilərə səbəb olur. Əsasən yüngül fraksiyalar

buxarlandığı üçün atmosfərə milyonlarla ton karbohidrogen maddələr atılır. Bu zaman neft məhsullarının keyfiyyəti pisləşir və neft-kimya sintezi üçün xammal azalır.

Neft və yanacaq-sürtkü anbarlarına sahib olan neft satış şirkətləri çox vaxt yanacaq və sürtkü yağları anbarlarında texnoloji və ekoloji təhlükəsizlik və mühasibat uçotunu lazımi səviyyədə təmin etməyən neft bazaları üçün texnologiyalardan və avadanlıqlardan istifadə etmələri ilə tez-tez rastlaşırlar. İnteqrasiya edilmiş avtomatlaşdırma sistemlərinin tətbiqi bu problemləri həll etməli, neft bazalarının istehsalını və maliyyə səmərəliliyini artırmalı və ekoloji riskləri minimuma endirməlidir [58, s.130].

Hal-hazırda sənaye təhlükəsizliyinin təmin edilməsi məsələləri böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu məsələ neft məhsullarının hasilatı, saxlanılması və emalı üzrə yeni texnologiyaların inkişafı kimi obyektiv amillərdən irəli gəlir.

Neft bazalarının əksəriyyəti texnoloji və ekoloji təhlükəsizliyin, uçot əməliyyatlarının dəqiqliyinin zəruri səviyyəsini təmin etməyən avadanlıq və texnologiyalarla işləyir. Müasir avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin, təmizləyici qurğuların və yanğın təhlükəsizliyi sistemlərinin qənaətbəxş vəziyyətdə olmaması bu cür obyektləri həm istehsal, həm də ekoloji baxımdan son dərəcə təhlükəli edir [78, s. 37]. Neft bazalarının müasir avtomatlaşdırma sistemləri onun rəhbərlərinə reallaşdırılan texnoloji proseslərin bütün mərhələlərində düzgün informasiya almağa, elektron sənəd dövriyyəsi əsasında kommersiya uçotunu və bir çox başqa məsələləri təşkil etməyə imkan verir və bu sistem olmadan müasir dövrdə səmərəli fəaliyyət göstərən müəssisəni təsəvvür etmək çətindir.

Köhnəlmiş texnologiyalar, ətraf mühitin çirkləndirilməsindən başqa, əmtəə məhsullarının birbaşa itkisinə gətirib çıxarır. Müasir avtomatlaşdırılmış nəzarət və uçot sistemlərinin yaradılması itkiləri əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa imkan verir (məsələn, karbohidrogen buxarlarının uçotu və utilizasiyası üzrə müasir sistemlərin quraşdırılması zamanı illik ötürülmə həcmi 100 000 ton olan neftlə bağlı zərərlər 2% -ə qədər azaldılır ki, bu da ildə 2 000 ton yanacaq təşkil edir). Neft bazalarının texniki təchizatı aşağıdakı tələblərə cavab verməlidir [101, s.7]:

1. Rezervuar parkı müəyyən edilmiş miqdarda və neft məhsullarının çeşidinin qəbulunu, saxlanılmasını və göndərilməsini təmin etməlidir.

2. Texnoloji boru kəmərləri müxtəlif neft məhsullarının eyni vaxtda qəbulunu və göndərilməsini keyfiyyətin qarışdırılması və itirilməsi olmadan həyata keçirməyə imkan verməlidir.

3. Maye və drenaj qurğuları, həmçinin nasos avadanlığı neft məhsullarının vaxt normativlərinə riayət olunmasını təmin etməlidir.

Neft bazaları texnoloji proseslərinin idarə edilməsi üçün avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemi operativ dispetçer nəzarəti və neft məhsullarının saxlanılması və yüklənməsi, boşaldılmasının idarə olunması, həmçinin lazımi texnoloji kilidlərin və təcili mühafizə sisteminin təmin edilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Neft bazaları yanğından təhlükəli obyekt hesab olunur. Yanğından qorunan ən təhlükəli obyektlər rezervuarlardır. Buna görə də, neft bazalarının yanğın təhlükəsi meyarı üçün rezervuar parkının ümumi həcmi qəbul edilmişdir. Onun ölçüsü, həmçinin bir rezervuarın maksimal həcmi $V_{p.max}$, kateqoriyada neft bazalarının bölmələrinin əsasında qoyulmuşdur [50, s.4, 53, s. 82-88]:

I - rezervuar parkının ümumi həcmi $100\ 000\ m^3$ -dən çox; *II* - rezervuar parkının ümumi həcmi $20\ 000\ m^3$ -dən $100\ 000\ m^3$ -ə qədər; *III a* - rezervuar parkının ümumi həcmi $10\ 000\ m^3$, $20\ 000\ m^3$, $V_{p.max}=5000\ m^3$ -dən çox; *III b* - rezervuar parkının ümumi həcmi $2\ 000\ m^3$, $10\ 000\ m^3$, $V_{p.max}=2000\ m^3$ -dən çox; *III v* - rezervuar parkı $2\ 000\ m^3$ -ə qədər $V_{p.max}=700\ m^3$ - daxil olmaqla.

Neft bazaları kateqoriyasından asılı olaraq tikinti normaları və qaydalarına uyğun olaraq qonşu obyektlərə minimum yol verilən (yanğın təhlükəsizliyi baxımından) məsafələr müəyyən edilir. Məsələn, birinci dərəcəli neft bazaları ilə yaşayış və ictimai binalar arasındakı məsafə $200\ m$ -dən az olmamalıdır. İkinci və üçüncü kateqoriyaya aid edilən neft bazalarında isə yaşayış və ictimai binalar arasındakı məsafə $100\ m$ -dən az olmamalıdır.

Neft bazaları illik yük dövriyyəsinin həcminə görə beş sinfə bölünür: *Birinci sinif* - illik 500 -dən çox və $1000\ ton$; *İkinci sinif* - illik $100\ min\ tondan\ artıq$;

Üçüncü sinif - illik 50 - 100 min tona qədər; Dördüncü sinif - illik 20 - 50 min tona qədər; Beşinci sinif - illik 20 min tondan az.

Normativ sənədlərə uyğun olaraq istismarın bütün rejimlərində neft bazalarının fəaliyyətinin təhlükəsizliyinin və etibarlılığının zəruri səviyyəsinin qeyd-şərtsiz təmin edilməsi:

- idarəetmə qurğusundakı texnoloji əməliyyatların əmək intensivliyi səviyyəsinin azaldılması;

- ekoloji təhlükəsizliyin yaxşılaşdırılması;

- istismar heyəti üçün ən rahat iş şəraitinin təmin edilməsi və nəticədə prosesin subyektiv komponentinin minimuma endirilməsi.

İnformasiya funksiyaları operator və ya qeyri-operativ personal (sistem administratoru) tərəfindən tələb olunan informasiya hesablama məsələlərinin ekran təsvirlərinin və çıxış formalarının formalaşdırılmasını təmin edir:

- texnoloji parametrlərin vəziyyəti haqqında məlumatların toplanması və emalı;

- qəza hallarının aşkarlanması, siqnalizasiyası və qeydiyyatı;

- neft bazalarının əsas binalarında girişə nəzarət;

- hadisələrin protokolunun aparılması;

- sərt maqnit diskində parametrlərin dəyişdirilməsi tarixinin arxivləşdirilməsi;

- operativ və arxiv məlumatlarının formalaşdırılması.

Nəzarət funksiyaları təcili mühafizə və kilidləmə, söndürmə və idarəetmə klapanlarının məsafədən idarə olunmasını, nasos qurğularının məsafədən idarə olunmasını, neft məhsullarının boşaldılması-yüklənməsi prosesinin idarə olunmasını təmin edir.

Köməkçi funksiyalar, texniki proqram nəzarətlərinin vəziyyətini diaqnostikasına imkan verir:

- məlumat siqnallarının etibarlılığının yoxlanılması;

- sistemin yenidən konfigurasiyası (yenidən konfigurasiya və parametrik proqram tənzimlənməsi);

- əl ilə giriş (nizamnamənin dəyişdirilməsi və nəzarət və məlumatın işlənməsi sabitləri).

Sistemin funksional imkanlarına giriş müəyyən edilmiş giriş səviyyələrindəki fərqlərə əsasən verilir. Tipik arxitektura, texnoloji proseslərin avtomatik idarəetmə sistemi iyerarxik prinsip əsasında qurulmuş və üç səviyyəli struktura malikdir [81, s.11]. Sistemin aşağı səviyyəsində "sahə" nəzarət ölçü cihazları və avtomatlaşdırma vasitələri, həmçinin kabel rabitə xətləri yerləşir. Texnoloji proseslərin avtomatik idarəetmə sisteminin orta səviyyəsi, lazımi sayda giriş-çıxış modulu (diskret və analog siqnallar), daxili cəhətdən təhlükəsiz baryerlər və rabitə avadanlığı olan mikroprosessor nəzarət bazası əsasında qurulur. Kontroller aşağı səviyyəli cihazlardan (sensorlardan) siqnalları qəbul edir, bu siqnalları emal edir və əməliyyat alqoritminə uyğun olaraq əmrilər hasil edir. Orta səviyyəli texniki vasitələr idarəetmə otağına quraşdırılmış elektrik idarəetmə şkaflarına quraşdırılmışdır. Tənzimləyicisinin proqram təminatına həm xüsusi proqram təminatının inkişafı üçün nəzərdə tutulmuş ümumi, həm də texnoloji prosesin avtomatik idarəetmə funksiyalarını yerinə yetirmək üçün hazırlanmış xüsusi proqram daxildir. Kontroller, operatorun avtomatlaşdırılmış iş yeri ilə məlumat mübadiləsi aparır ki, bu da üst səviyyəni təşkil edir. Bu sensor ekranlı sənaye təyinatlı fərdi kompüter əsasında həyata keçirilir. Bundan əlavə, texnoloji prosesin avtomatik idarə edilməsi ayrıca avtomatlaşdırılmış iş yeri ilə təchiz olunmuş dəmir yolu və yol tankerlərinin çənlərində və tərəzilərində neft məhsullarının səviyyəsini, temperaturunu və sıxlığını ölçmək üçün avtomatik sistemi də əhatə edir.

Neft bazalarında Enterprise Resource Planning (ERP) sistemlərinin tətbiqi, neft məhsullarının saxlanması, daşınması və idarə olunmasında ciddi üstünlüklər təmin edir [93, s.14]. Neft sənayesi özünün mürəkkəb əməliyyatları və yüksək təhlükəsizlik tələbləri ilə tanınır. Bu səbəbdən ERP sistemləri, neft bazalarında əməliyyatların planlaşdırılması, məlumatların mərkəzləşdirilməsi və sürətli ötürülməsi üçün vacibdir.

Birinci növbədə, ERP sistemi, neft məhsullarının saxlanması və hərəkətini izləmək prosesində istifadə edilən informasiyanı bir mərkəzdə toplayır. Bu, müxtəlif növ məhsulun müvafiq rezervuarlarda necə saxlandığı, zaman kəsiyində müəyyən miqdarda daşındığı, hansı temperaturda saxlanıldığı və digər mühüm

informasiyaların ötürülməsini ilə mümkündür. ERP sistemi vasitəsilə bu məlumatların zamanında və dəqiq əldə edilməsi, məhsulun keyfiyyətinin qorunmasını və daşıma əməliyyatlarının düzgünlüyünü təmin edir.

Neft bazalarında ERP sisteminin tətbiqi, həm də anbar və saxlama sahələrinin optimal idarə edilməsini reallaşdırır. Neft məhsulları müxtəlif temperaturda saxlanmalı və nəqliyyat prosesləri əsnasında müəyyən şəraitlərə uyğun olmalıdır. ERP sistemi, anbarlarda məhsulun miqdarını izləyərək, artıq və ya çatışmayan məhsul sayını asanlıqla aşkar edir. Həmçinin, neft məhsullarının müxtəlif növləri və onların spesifik saxlanma tələbləri ERP sistemi tərəfindən asanlıqla izlənilir.

ERP sistemi, həmçinin, neftin daşıma əməliyyatlarını optimallaşdırmağa imkan yaradır. Neft məhsullarının nəql olunması zamanı bir neçə amil nəzərə alınmalıdır: marşrut planlaması, nəqliyyat vasitələrinin izlənməsi, məhsulun təhlükəsizliyinin təmin olunması və nəqliyyatın vaxtında həyata keçirilməsi. ERP, nəqliyyat vasitələrinin yerdəyişməsini real vaxtda izləyərək, yolda qarşılaşılan problemləri və gecikmələri dərhal aşkarlayır və bu məlumatları müvafiq şöbələrə ötürür. Bu sistem vasitəsilə nəqliyyatın planlaşdırılması daha dəqiq olur və məhsulun təyinat nöqtəsinə vaxtında çatdırılması təmin edilir.

İnsan resursları idarəetməsi də ERP sistemləri ilə asanlaşdırılır. Neft bazasında çalışan işçilərin iş saatları, təhlükəsizlik təlimləri, istehsal prosesi və digər əməliyyatları ERP sistemi vasitəsilə izlənilir. Sistem, həmçinin, işçilərin iş bölgüsünü və əmək haqqı ödənişlərini optimallaşdırır.

Neft bazalarında maliyyə idarəçiliyi də ERP sistemi ilə daha şəffaf və səmərəli olur. Müxtəlif xərclər (məsələn, neftin satın alınması, nəqliyyat, anbarın saxlanması və s.) ERP vasitəsilə izlənilir və bu xərclər real vaxtda təhlil olunur. Bu, şirkətə maliyyə vəziyyətini düzgün şəkildə izləməyə və lazımı qaydada müvafiq tədbirlərin görülməsini təmin edir. Həmçinin, ERP sistemləri neft bazalarında təhlükəsizlik və risklərin idarə olunmasında tətbiq olunur. Müxtəlif növ məhsulların nəqli və saxlanması zamanı potensial təhlükələr mövcuddur. ERP sistemləri vasitəsilə, bu təhlükələr erkən aşkar edilir və adekvat qərarlar qəbul edilir. Məsələn, temperaturun yüksəlməsi və ya məhsulun sızması kimi hallar, ERP sistemində

dərhal qeydə alınır və müvafiq prosedurların reallaşdırılması üçün xəbərdarlıqlar göndərilir. Digər bir mühüm üstünlük, ERP-nin integrasiya olunmuş məlumat bazasıdır. Bütün əməliyyatlar və məlumatlar mərkəzləşdirildiyi üçün, dəyişiklik və ya yeniləmə dərhal bütün şöbələrə təsir göstərir. Bu isə məlumatın düzgünlüyünü və operativliyini artırır. Ən son məlumatlar əsasında qərar qəbul etmə prosesi sürətlənir və müəssisənin çevikliyi artır.

ERP sistemlərinin neft bazalarında tətbiqi, həmçinin müştəri əlaqələrinin idarə olunmasına yardım edir. Müştəri tələbləri, sifarişlər və məhsul paylanması ERP sistemi vasitəsilə daha yaxşı izlənilir və müştəri məmnuniyyəti artırılır.

RAPTOR rezervuarlarda neft və neft məhsullarının uçotu sistemi. Məhsulun həcmi və kütləsini hesablamaq, kommersiya uçotu əməliyyatlarını aparmaq üçün saxlama və köçürmə sistemində rezervuardakı məhsulun parametrlərinin ölçmə məlumatları yüksək dəqiqliyə malik olmalıdır [103, s.6]. Buna görə də, sistemin bir hissəsi kimi yüksək dəqiqliyə malik səviyyə, temperatur və təzyiq ölçmə cihazlarından (sıxlığın avtomatik hesablanması halında) istifadə etmək lazım gəlir. Bu parametrlərdən birinin daha az dəqiqliklə ölçülməsi həcm və ya kütlə hesablamalarının dəqiqliyinin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına səbəb ola bilər. Kommersiya uçotu aparan zaman rezervuardakı məhsul parametrlərinin ölçülməsini və hesablanmasını təmin etmək üçün istifadə olunan sistemlərdən biri də RAPTOR sistemidir. RAPTOR sistemi əsas istehsalçıların faktiki olaraq bütün rezervuar parkının ölçmə sistemləri ilə uyğun gəlir. Bu o deməkdir ki, sistemin sahə avadanlığı digər sistemlərin rabitə avadanlığına və ya iş stansiyalarına qoşula bilər və digər istehsalçıların sistemlərinin avadanlıqları RAPTOR sisteminin bir hissəsi kimi işləyə bilər. Bunun sayəsində həm sahə avadanlığının dəyişdirilməsi, həm də idarəetmə otağında avadanlıq baxımından digər istehsalçıların quraşdırılmış sistemlərinin addım-addım modernləşdirilməsi mümkündür.

Rezervuarlarda neft və neft məhsullarının uçotu sistemi TRL/2. TRL/2 sistemi neft və neft məhsullarının inventar uçotunu aparmaq və rezervuar parkının vəziyyətinə davamlı nəzarət etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.

TRL/2 sistemi aşağıdakı texnoloji prosesləri təmin edir:

- məhsulun səviyyəsinin, temperaturunun, təzyiqinin ölçülməsi;
- lay suyunun səviyyəsinin ölçülməsi;
- doldurma zamanı limit səviyyələrinin siqnalizasiyası, saxlama zamanı məhsulun sızması;
- ГОСТ P8.595-2004 tələblərinə cavab verən xəta ilə məhsulun parametrlərinin ölçülməsinin nəticələrinə əsasən rezervuardakı məhsulun həcmnin, sıxlığının və kütləsinin hesablanması. Kalibrləmə intervalı 5 ildir.

Radar səviyyəölçənləri sistemin əsasını təşkil edir. Səviyyənin ölçülməsi prosesinə rezervuarın qaz mühitinin vəziyyəti, toz və incə hissəciklərin olması, həmçinin məhsulun növü təsir etmir. Məhsulun həcmi səviyyəölçən ilə məhsulun səviyyəsinin ölçülməsinə əsaslanaraq rezervuarın kalibrləmə cədvəli ilə müəyyən edilir. Məhsulun kütləsi balans kütləsi çıxılmaqla eyni temperatura endirilən həcm və sıxlıq məhsulu kimi hesablanır.

Avadanlığın tərkibindən asılı olaraq TRL/2 sistemində üç ölçü kanal ola bilər:

- radar səviyyəölçənlərindən istifadə edərək məhsulun səviyyəsini ölçmək üçün kanal;
- çox nöqtəli temperatur sensorlarından istifadə edərək temperatur ölçmə kanalı;
- təzyiq sensorlarından istifadə edərək məhsulun sıxlığını ölçmək üçün kanal.

Rosemount TankMaster RAPTOR və TRL/2 sisteminin işini idarə etmək üçün nəzərdə tutulmuş Windows əsaslı proqramdır. TankMaster proqramı aşağıdakı funksiyaları yerinə yetirir:

- rezervuarda məhsul parametrlərinin bütün qiymətlərinin (səviyyə, temperatur, təzyiq və s.) real vaxt rejimində göstərilməsi;
- nəzarət edilən parametrlər ilə müəyyən edilmiş qiymətləri əldə etmək üçün məlumat vermək;
- məhsulun parametrlərinin qiymətlərinə nəzarət və müəyyən edilmiş həddən kənara çıxdıqda siqnalların verilməsi;
- rezervuarda məhsulun mümkün sızmalarına, səviyyə və həcmnin qiymətlərinə uyğun olaraq, temperatur normasına nəzarət;

- rezervuarların doldurulması və boşaldılması vaxtının proqnozlaşdırılması.

Məhsulun həcmi və kütləsini hesablamaq üçün kommersiya uçotu əməliyyatlarını apararkən saxlama və köçürmə sistemində ən yüksək dəqiqliklə ölçülən rezervuardakı məhsulun parametrlərinin ölçmə məlumatları olmalıdır. Buna görə də, bu halda sistemin bir hissəsi kimi ən dəqiq səviyyə, temperatur və təzyiq ölçmə cihazlarından (sıxlığın avtomatik hesablanması halında) istifadə etmək lazımdır. Bu parametrlərdən birinin daha az dəqiqliklə ölçülməsi həcm və ya kütlə hesablamalarının dəqiqliyinin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına səbəb ola bilər.

Rosemount sistemi rezervuarlarda neft və neft məhsullarının parametrlərinin ölçülməsi əməliyyatlarını yerinə yetirir, riskləri azaldır və ölçmə zamanı xətalari minimuma endirir. Sistem aşağıdakı prosesləri təmin edir və reallaşdırır:

- İnnovativ radar texnologiyaları əsasında kommersiya uçotunun dəqiqliyini;
- Emerson™ simsiz əlaqə sistemi ilə məsələlərin həll olunmasını;
- Rosemount TankMaster program təminatı sistemi ilə kommersiya uçotu əməliyyatlarının aparılması və idarə edilməsini.

Rosemount sistemi rezervuarların uçot prosesini asanlıqla reallaşdırır və onların istənilən tipi üçün effektivdir (təzyiq altında, sabit və ya üzən qapaq olmayan rezervuarlar üçün). Sistemin tətbiq sahələrinə aşağıdakı saxlanma rezervuarları daxildir: ticarət terminalları; neftayırma zavodları; neft və neft məhsulları saxlanılan neft bazaları [104, s.6].

Neft məhsullarının rezervuarlarda saxlanması və temperaturunun tənzimlənməsi. Neft məhsullarının rezervuarlarda saxlanması, temperaturunun tənzimlənməsi və məhsulun keyfiyyətinin qorunması məqsədi ilə rezervuarlar müxtəlif ölçülərdə, xüsusi materiallardan hazırlanır və saxlanılacaq məhsulun növünə uyğun olaraq layihələndirilir. Əsas məqsəd neft məhsullarının buxarlanmasının, oksidləşməsinin və xarici mühit təsirlərinin qarşısını almaqdır.

Rezervuarların tikintisində polad, beton və xüsusi izolyasiya materiallarından istifadə olunur [98, s.25]. Məhsulun temperaturunu stabil saxlamaq üçün istilik izolyasiyası vacibdir. Çünki temperaturun kəskin dəyişməsi məhsulun sıxlığını, təzyiqini və fiziki xüsusiyyətlərini dəyişə bilər. İdeal temperatur diapazonu konkret

növə uyğun fərqlidir və saxlanılan məhsulun kimyəvi parametrlərinə görə tənzimlənir.

Temperaturun tənzimlənməsi üçün rezervuarlarda istilik sistemləri, o cümlədən buxar və elektrik qızdırıcıları quraşdırılır. Soyuq iqlim şəraitində bu sistemlər məhsulun donmasının qarşısını alır, isti iqlim şəraitində isə buxarlanmanı azaldır. Termometr və termostat kimi ölçü cihazları vasitəsilə temperatur cari zaman anında yoxlanılır. Həmçinin, rezervuarların havalandırma qovşaqları ilə təmin edilməsi zəruridir. Bu sistemlər məhsulun oksidləşməsinin və təzyiqin yüksəlməsinin qarşısını alır. Buxarın yığılmaması üçün xüsusi klapanlar quraşdırılır. Təhlükəsizlik baxımından rezervuar ətrafında yanğınsöndürmə sistemləri və qaz detektorları da yerləşdirilir [31, s. 192].

Neft məhsullarının saxlanması prosesində xarici mühitin təsiri də nəzərə alınır. Günəş radiasiyası, külək və yağıntılar məhsulun istilik balansını dəyişə bilər. Bu məqsədlə, rezervuarlar xüsusi örtüklərlə təchiz olunur və ya yeraltında saxlanılır. Yeraltı rezervuarlar əlavə torpaq təbəqəsi ilə izolyasiya edilərək temperatur sabitliyi təmin olunur. Sadalanan şərtlərə əməl edilməsi, həmçinin neft məhsullarının uzunmüddətli saxlanılmasına imkan yaradır. Əgər temperatur düzgün tənzimlənməzsə, məhsulun kimyəvi tərkibi dəyişə və istifadəyə yararsız hala düşər. Yeni texnologiyalardan istifadə edərək kompüterləşdirilmiş işçi yerlər vasitəsilə temperatur, təzyiq və digər göstəricilər daimi nəzarət altında saxlanılır. Həmçinin reallaşdırılan proseslər məhsul itkisinin və ekoloji təhlükələrin qarşısını alır. Səmərəli temperatur tənzimləmə üsulları neft məhsullarının saxlanması iqtisadi və texnoloji cəhətdən əlverişli edir. Nəticədə, rezervuarlarda saxlanma və temperaturun tənzimlənməsi prosesləri neft məhsullarının keyfiyyətini qorumaqla yanaşı, logistika və istehsal proseslərinin effektivliyini artırır. Təhlükəsizlik standartlarına uyğunluq və davamlı monitoring məhsulun dəyərini və saxlanma parametrlərinin dayanıqlığını artırır.

Süni intellekt texnologiyasından istifadə neft məhsullarının sıxlığının ölçülməsi, dəqiqliyi artırmaq və hesablamaları sadələşdirmək və sürətləndirmək üçün müasir yanaşma hesab oluna bilər. Bu texnologiya ənənəvi metodlarla

müqayisədə effektiv ölçmə imkanı təmin edir. Sıxlığın ölçülməsi prosesində sensorlar, böyük verilənlərin analizi və qərarqəbuletmə mexanizmləri birgə tətbiq olunur. Əsasən ultrasəs, optik və ya elektromaqnit sensorları vasitəsilə məhsuldan interaktiv informasiyalar toplanır. Toplanan məlumatlar süni intellekt alqoritmləri tərəfindən analiz edilir və sıxlıq göstəriciləri yüksək dəqiqliklə hesablanır. Süni intellekt texnologiyaları məhsulun temperatur, təzyiq və kimyəvi tərkib kimi parametrlərini də nəzərə alaraq sıxlığın dəyişmələrini proqnozlaşdırır. Bu, laboratoriya şəraitində aparılan uzunmüddətli ölçmələrə ehtiyacı azaldır. Kompüterləşdirilmiş idarəetmə sistemləri real vaxt rejimində ölçmə apararaq, insan müdaxiləsi minimal səviyyəyə endirilir. Yeni nəticə çıxarma texnologiyası ilə anomaliyaların aşkar edilməsi mümkündür. Əgər sıxlıqda gözlənilməz dəyişikliklər baş verərsə, sistem avtomatik xəbərdarlıqla dəyişikliyin səbəblərini analiz edir. Bu da məhsulun keyfiyyətinin qorunması və təhlükəsizlik risklərinin azaldılması baxımından əhəmiyyətli hesab olunur. Bunun nəticəsində sıxlıq ölçmələrindəki xətalara minimuma yaxınlaşması asanlaşdırır. Neft məhsullarının sıxlığını dəqiq təyin olunması həm də logistik əməliyyatların və saxlama proseslərinin optimallaşdırılmasına töhfə verir. Süni intellekt vasitəsilə sıxlıq ölçmə sistemləri məsafədən idarəetmə və nəzarət funksiyalarına da malikdir. Bu, böyük neft anbarlarında və boru kəmərlərində ölçmə işlərinin effektivliyini artırır. Prosesin tam avtomatlaşdırılması insan resurslarına olan tələbatı azaldır və xərcləri optimallaşdırır.

İnnovativ texnologiyaların inteqrasiyası və sıxlıq ölçmə sistemləri məhsul itkilərini və təbii sərvətlərin israfını azaldaraq ekoloji davamlılığı artırır [36, s. 37]. Nəticə olaraq, süni intellekt texnologiyası ilə neft məhsullarının sıxlığının ölçülməsi müasir sənayenin əsas prioritetlərindən biridir. Dəqiqlik, sürət və təhlükəsizlik baxımından üstünlükləri ilə bu texnologiya istehsal və logistik proseslərin reallaşdırılmasını sürətləndirir. Beləliklə, süni intellektin tətbiqi neft sənayesində yeni imkanlar yaradaraq rəqabət qabiliyyətliliyi artırır. Neftin nəql olunması prosesi, neftin hasil edildiyi yerdən istehlak olunduğu və ya emal olunduğu nöqtəyə çatdırılmasına qədər olan tələbatları yerinə yetirir. Neftin nəqli müxtəlif vasitələrlə

həyata keçirilir, o cümlədən boru kəmərləri, tankerlər, yerüstü nəqliyyat vasitələri. İstənilən növ neft məhsulunun nəqli müəyyən şəraitə və məqsədə uyğun olaraq seçilir.

Boru kəmərləri, neftin kütləvi şəkildə və uzun məsafələrə daşınmasında ən effektiv vasitədir. Bu sistemlər geniş iş diapazonuna malik, təhlükəsiz və dayanıqlı infrastrukturların təminatını həyata keçirir. Dəmir yolu logistikası, xərclərin nisbətən aşağı olmasına baxmayaraq, məhdud məsafələrdə və xüsusi hallarda effektivdir. Avtomobil nəqliyyatı daha qısa məsafələr və müxtəlif standartlara uyğun tətbiq olunur. Neftin nəqli zamanı təhlükəsizlik məsələləri ön plandadır. Məhsulun sızması, alovlanması və ya digər fəlakət halları idarəolunmaz proseslərə səbəb ola bilər. Bu baxımdan logistika vasitələri müasir təhlükəsizlik texnologiyaları ilə təchiz olunur. Bu texnologiyalar arasında sızma, yanğın xəbərdarlığı və qaz detektorları mövcuddur. Həmçinin, nəqliyyat prosesinin izlənməsi üçün sensorlar vasitəsilə cari zaman anında monitoring tətbiq edilir.

Nəqliyyat infrastrukturunun texniki vəziyyəti və mütəmadi olaraq aparılan xidmət işləri neftin təhlükəsiz və zamanında nəqlini təmin edir. Həmçinin, təlimli işçi qüvvəsi və hərtərəfli sığorta tədbirləri nəqliyyatın təhlükəsizliyini artırır. Bu məqsədlə, nəqliyyatın optimallaşdırılması və logistika xərclərinin azaldılması üçün məlumat texnologiyaları və qərarqəbuletmə mexanizmləri tətbiq edilir. Yeni texnologiyalarla nəqliyyat marşrutları optimallaşdırılır, yüklərin daşınması və sıxlıq təhlilləri həyata keçirilir. Neftin nəqli prosesində zaman, məsafə və xərclərin optimal paylanması istehlakçı məmnuniyyətinin artırılmasına gətirib çıxarır. Neftin nəqli prosesi həm müasir texnologiyalar, həm də təhlükəsizlik tədbirləri ilə təmin olunan kompleks bir sahədir.

Neft bazalarında modelləşdirmə üsulları, neftin çıxarılması, emal olunaraq daşınması, saxlanması və idarəedilməsi kimi kompleks proseslərin təkmilləşdirilməsi məsələlərinin həllini reallaşdırır [98, s.60]. Müasir dövrdə modelləşdirmə üsulları neftçixarma və neft emalı proseslərində istifadə edilir və bunlar həm təbii resursların effektiv və təhlükəsiz istifadəsi, həm də iqtisadiyyatın

inkişafı baxımından əhəmiyyətlidir. Aşağıda neft bazalarında geniş istifadə edilən modelləşdirmə üsullarını sıralamaq olar:

Neft məhsullarının saxlanması və nəqliyyatı zamanı temperatur və sıxlıq kimi fiziki xüsusiyyətlərin düzgün tənzimlənməsi çox vacib məsələdir. Bu məqsədlə, müvafiq termodinamik modellər və sıxlıq təhlil üsulları istifadə olunur. Həmçinin, bu modellər neftin saxlama şəraitində yaranacaq dəyişiklikləri, məsələn, temperatur artımı və sıxlıq azalmasını nəzərə alır. Temperatur və sıxlıq modelləri ilə ətraf mühitin təsirinə qarşı müvafiq tədbirlər müəyyən edilir.

İstehsal və daşınma əməliyyatlarını optimallaşdırmaq üçün riyazi proqramlaşdırma modelləri və simulyasiya üsulları tətbiq olunur. Sadalanan modellər vasitəsilə neftin çıxarılması, emalı, anbara yığılması və nəqliyyat marşrutları optimallaşdırılır. Riyazi proqramlaşdırma, simulyasiya və həssaslıq analizləri kimi metodlar tətbiq olunaraq ən sərfəli və təhlükəsiz əməliyyatlar planlaşdırılır.

Neft sənayesində təchizat zəncirinin düzgün və səmərəli idarə olunması böyük əhəmiyyət daşıyır. Bu istiqamətdə tətbiq olunan modellər istehsal proseslərinin tənzimlənməsi, ehtiyatların saxlanması və nəqliyyat marşrutlarının optimallaşdırılmasına yönəldilmişdir. Təchizat zənciri modelləri, tədarük prosesinin hər bir mərhələsini təhlil edərək, təchizatın davamlılığını təmin etməyi və mümkün təchizat kəsintilərini minimuma endirməyi qarşısına məqsəd qoyur.

Dinamika və simulyasiya üsulları neft bazalarının fəaliyyətini zaman intervalında müşahidə etməyə imkan verir və bu modellər müəssisənin müxtəlif bölmələri arasında informasiya ötürülməsi, əlaqələrin optimallaşdırılmasını təmin edir. Dinamik simulyasiya üsulları, həmçinin fəaliyyətin zamanla dəyişən parametrləri və şərtlərini modelləşdirərək müəssisəyə gələcəkdəki əməliyyatları daha düzgün planlaşdırmaq imkanı verir [32, s. 303, 85, s.70].

Neft bazalarında qərar qəbulətmə prosesləri çoxsaylı amillərdən asılıdır və bu proseslərdə mürəkkəb modelləşdirmə metodları tətbiq edilir. Belə modellər, istənilən bir əməliyyatın risklərini və faydalarının analizini təmin edir. Daha çox

tətbiq edilən modellər arasında analitik həssaslıq analizi, çox meyarlı optimallaşdırma və çox alternativli qərar qəbuletmə üsullarıdır.

Neft bazalarında məhsulların keyfiyyətinin izlənməsi və təhlil edilməsi çox əhəmiyyətlidir. Kimyəvi və fiziki parametrlərin izlənməsi üçün müxtəlif analiz modelləri tətbiq edilir. Bu modellər neftin müxtəlif növlərinin keyfiyyətini qiymətləndirir və saxlama şəraitini optimallaşdırır. Həmçinin, bu modellər məhsulun düzgün təyinat nöqtələrinə çatdırılmasını reallaşdırır və məhsulun saxlanması üçün ən uyğun şəraiti müəyyən edir.

Neft bazalarında resursların effektiv istifadəsi modelləşdirmə üçün mühüm sahədir. Resursların təhlili və istifadə modelləri, istehsalın artırılması və məhsul itkisinin minimallaşması üçün tətbiq olunur. Bu modellər həmçinin enerji sərfiyyatını, su istehsalını və digər resursları optimallaşdırmağa imkan yaradır. Bu isə ən az resursla məhsul istehsalını artırır və itkiləri minimuma endirir [98, s.228].

Neft bazalarında modelləşdirmə üsullarının tətbiqi, əməliyyatların optimallaşdırılması, təhlükəsizlik tədbirlərinin artırılması imkanlarından effektiv istifadəni reallaşdırır. Bu modellər, neft sənayesində müasir texnologiyalarla yanaşı, şirkətlərin fəaliyyətlərini daha çevik və rəqabətə davamlı edir.

Təqdim olunan ədəbiyyat mənbələrinin icmalından belə nəticəyə gəlmək olar ki, müasir ölçmə sistemlərinin qeyri-müəyyənliklərin hesablanması və neft anbarlarının texnoloji proseslərinin kompüter modelləşdirilməsinə baxılmamışdır. Bununla yanaşı qeyd etmək lazımdır ki, proseslərin avtomatlaşdırılması üçün kompüter simulyasiyasının reallaşdırılması üçün kifayət qədər ilkin şərtlər mövcuddur.

1.2. Dissertasiya işinin məqsədi və məsələlərin qoyuluşu

Birinci parafda aparılmış analiz və araşdırmalara əsasən aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1. Funksional təyinatına görə neft bazaları qruplaşdırılmışdır. Əməliyyatların xarakterinə görə, istehlakçılara göstərilən xidmətin keyfiyyəti, sanitariya və yanğın

normalarına uyğun, avtonəqliyyat vasitələrinin hərəkətinin mütləq şəkildə minimallaşdırılması nəzərə alınmaqla neft bazalarının yerləşdirilməsinin məqsədəuyğunluğu göstərilmişdir. Qeyd edilmişdir ki, neft bazalarının xüsusiyyətləri onların strukturlarının tərkibini müəyyənləşdirir, istiqamətləndiyi nəqliyyat növləri və fəaliyyətlərinin tənzimlənməsini şərtləndirir. Bütün növ neft bazalarının iş prinsipi təhlil edilmişdir və göstərilmişdir ki, paylayıcı neft bazalarının əsas funksiyası neft məhsullarının saxlanılmasını, paylanmasını, istehlakçılara maksimum operativliklə, minimum itki və daşınma xərcləri ilə çatdırılmasını təmin etməlidir.

2. Aşağıdakı tələbatları ödəyən müasir avtomatlaşdırılmış nəzarət və ölçmə sistemlərinin yaradılmasının zəruriliyi göstərilmişdir: rezervuar parkı müəyyən edilmiş miqdarda neft və neft məhsullarının çeşidinin qəbulunu, saxlanılmasını və göndərilməsini təmin etməlidir; texnoloji boru kəmərləri müxtəlif növ neft məhsullarının eyni zamanda qəbulunu və göndərilməsini keyfiyyətin qarışdırılması və itirilməsi olmadan həyata keçirmə imkanına malik olmalıdır; maye drenaj qurğuları, həmçinin nasos avadanlığı neft məhsullarının vaxt normativlərinə müəyyən olunmasını təmin etməlidir.

3. Rezervuarlarda neft və neft məhsullarının kommersiya uçotu və idarəedilməsi üçün müasir ölçmə sistemləri analiz edilmişdir. Analiz nəticəsində göstərilmişdir ki, sistemin bir hissəsi kimi ölçmə cihazlarından sıxlığın hesablanması üçün istifadə zamanı, bu parametrlərdən birinin daha az dəqiqliklə ölçülməsi həcm və kütlə hesablanmalarının dəqiqliyinin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına səbəb olur. Bu baxımdan Rosemount sisteminin rezervuarlarda neft və neft məhsullarının parametrlərinin ölçülməsi əməliyyatlarını riskləri azaldır və ölçmə xətalalarının minimuma endirilməsi prosesini reallaşdırır.

4. Paylayıcı neft bazalarının tədqiqi, idarə olunmasının modelləşdirilməsinin müasir vəziyyəti analiz edilmişdir. Analiz nəticəsində göstərilmişdir ki, neft bazalarında saxlanılan neft məhsullarının qəbulu, keyfiyyəti, saxlanılması, daşınması və idarə olunması üçün əsas parametrlərin modelləşdirilməsi və hesablanması metodlarının təkmilləşdirilməsi müasir texnologiyalara əsaslanan

modellərin yaradılmasını zəruri edir. Bununla əlaqədar olaraq müasir süni intellekt texnologiyalarından istifadə olunmaqla neft məhsullarının əsas parametrlərinin - temperatur, sıxlıq, səviyyə, təzyiq və s. qiymətləndirilməsi və hesablanması üçün yeni yanaşmaların, alqoritmlərin və modellərin işlənilməsi əsaslandırılmışdır.

Yuxarıda deyilənləri nəzərə alaraq, dissertasiya işinin məqsədi və həlli tələb olunan tədqiqat məsələləri formalaşdırılmışdır.

Dissertasiya işinin məqsədi neft bazalarında Petri şəbəkəsinin genişlənmələrinin tətbiqi ilə texnoloji proseslərin modelləşdirilməsi, idarə olunması, logistikasının model və alqoritmlərinin işlənməsidir.

Dissertasiya işində qoyulan məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı məsələlər həll edilmişdir: neft bazalarında rezervuar parkının kommersiya uçotu və idarə edilməsi üçün ölçmə sistemlərinin təsnifatı, sıxlığının və qeyri-müəyyənliklərin hesablanması; qeyri-müəyyən mühitdə neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi və sıxlığının təyini üçün qərar qəbulu modelləri; neft məhsullarının nəql olunması üsulları, xüsusiyyətləri və avtomatlaşdırılmış logistikası modellərinin işlənməsi.

II FƏSİL. NEFT BAZALARINDA REZERVUAR PARKININ KOMMERSİYA UÇOTU VƏ İDARƏ EDİLMƏSİ ÜÇÜN ÖLÇMƏ SİSTEMLƏRİNİN TƏSNİFATI, SİXLİYİNİN VƏ QEYRİ- MÜƏYYƏNLİKLƏRİN HESABLANMASI

2.1. Rezervuar parkının kommersiya uçotu və idarə edilməsi üçün ölçmə sistemi

Rosemount rezervuarların uçot sistemi kommersiya və inventar uçotu üçün məhsulun paylanması, balans məlumatları, əməliyyatlara nəzarət, həmçinin sızmaların və daşmaların aşkarlanması üçün rezervuarların parametrlərini ölçür və hesablayır [104, s.8]. TankMaster proqram təminatından istifadə etməklə sistem aşağıdakı proseslərin yerinə yetirilməsi üçün konfigurasiya edilə bilər: TPI (tətbiqi proqramlaşdırma interfeysi) tələblərinə uyğun olaraq xalis həcmi hesablanmasını; tam inventar funksiyalarını; məhsulların qəbulu və paylanmasını; Rosemount 2410 Tank Hub rabitə modulunda həcmi və sıxlığın hesablamalarını; səviyyənin, səviyyənin dəyişmə sürətinin, temperaturun və lay suyunun səviyyəsinin ölçülməsini; buxar təzyiqinin və hidrostatik təzyiqin ölçülməsini; dolub-daşma prosesinə nəzarəti.

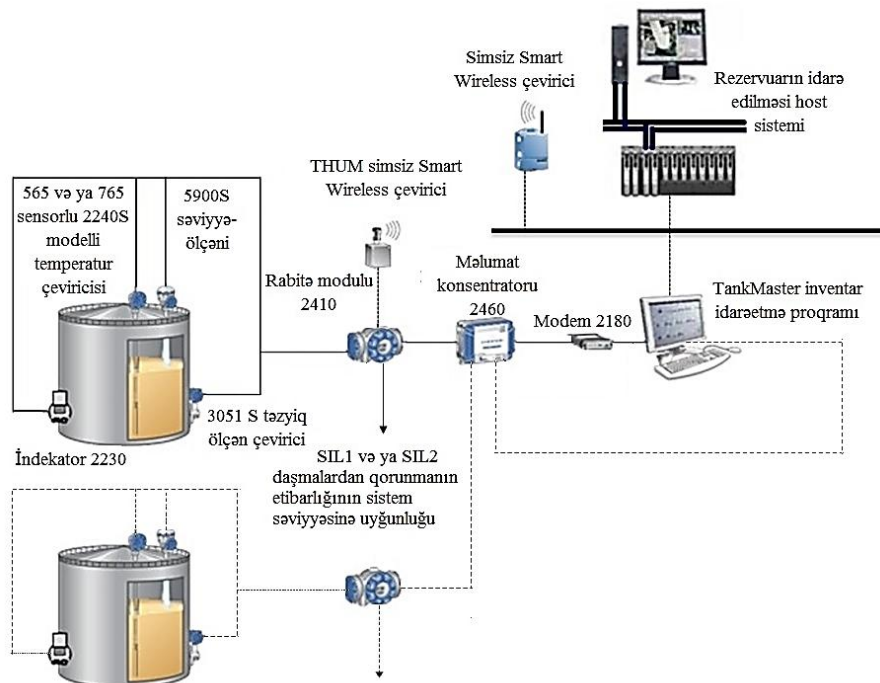
Rosemount sistemi rezervuarlarda kommersiya uçot sistemi və texnoloji idarəetmə sistemlərində istifadə olunan dəqiq məlumatları toplayır, eləcə də sızmaların və daşmaların aşkarlanmasını, yüksək dəqiqlikli temperatur ölçmə sistemi ilə temperaturun, səviyyənin ölçülməsi və həcmi hesablanmasının minimum xəta ilə dəqiqliyini təmin edir [104, s.20]. Bu məqsədlə rezervuarın daxilində kiçik bir anten yerləşdirilir və səviyyəölçən hərəkət etmədən, ölçmə dəqiqliyi, inventarlaşdırma ehtiyatlarının və məhsulun kommersiya uçotunun vəziyyətinə, sızmalara və daşmalara daimi nəzarət edilir [43, s.56-59].

Simsiz cihazların quraşdırılması vəsaitlərə kifayət qədər qənaət imkanı yaradır. Rosemount rezervuarlarında uçot sistemini IEC 62591 simsiz şəbəkənin sənaye

standartlarına (*WirelessHART®*) əsaslanan Emerson simsiz texnologiya reallaşdırır. Simsiz şəbəkə öz-özünə qoşulur və hər hansı maneənin ətrafında ən qısa həll yolu tapır. Simsiz məlumat ötürülməsi aşağıdakı üstünlüklərə malikdir: mürəkkəb və potensial təhlükə mənbəyi olan rezervuarların ətrafında kommunal xidmətlərindən istifadəni istisna edir; bir-birindən uzaq məsafədə yerləşən, su hövzəsi və ya yol ilə ayrılmış rezervuarlar arasında əlaqə yaradır; rezervuarın avtomatlaşdırmasını təmin edir; genişləndirmə, təkmilləşdirmə və texniki xidmət üçün dayanma müddətini minimuma endirir.

TankMaster Rosemount, rezervuarlarda real vaxt rejimində uçot sisteminin monitorinqini təmin edən Windows™ əsaslı proqram təminatıdır. İnformasiya İnternet üzərindən bütün səviyyələrdə olan istifadəçilərə çatdırıla və qəbul edilə bilər: daha səmərəli iş üçün quraşdırılan formaları olan müəssisənin qrafik tərtibatı; elektron poçt və ya mətn mesajlarının köməyi ilə monitordan xəbərdarlıq siqnalları emal edilir.

Rezervuar parkının kommersiya uçotu və idarə edilməsi üçün ölçmə sisteminin struktur sxemi şəkil 2.1-də verilmişdir [104, s. 34].



Şəkil 2.1. Rezervuar parkının kommersiya uçotu və idarə edilməsi üçün ölçmə sistemi

Rosemount səviyyəölçənləri ölçmə dəqiqliyi əhəmiyyətli hesab edilən qurğulara tətbiq üçün ən yaxşı seçim hesab edilir. 5900S səviyyəölçəni $\pm 0.5 \text{ mm}$ ölçmə dəqiqliyini təmin edir. Hər bir cihazın pasport xarakteristikaları aşağıdakı kimidir: 5900S modeli $\pm 0.5 \text{ mm}$ ölçmə dəqiqliyi olan kontaktsiz səviyyəölçəndir (üzərində yerləşən antenalar bütün rezervuarlar üçün uyğundur). 5900C modeli $\pm 3 \text{ mm}$ ölçmə dəqiqliyi olan təmassız səviyyəölçəndir (üzərində yerləşən antenalar bütün rezervuarlar üçün uyğundur). 2240S temperaturu yüksək dəqiqliklə ölçən temperatur çeviricisidir. 565, 566 və 765 markalı temperatur ölçən sensorlar 3 və ya 4 naqilli kalibrlənmiş temperatur sensorları və lay suyunun səviyyəsinin ölçülməsini təmin edir. Bir nöqtədə temperaturun ölçülməsi üçün 644 markalı temperatur ölçmə çeviricisi istifadə edilir. Rosemount 65 və 68 tək nöqtəli temperatur sensorları, Pt-100 istifadə edərək bir nöqtədə temperaturu ölçür. Rosemount 3051S təzyiq ölçmə çeviricisi real vaxt rejimində təzyiqi ölçməyə imkan verir. Rabitə modulu 2410, bir və ya bir neçə rezervuardan informasiya toplamaq və ötürmək üçün istifadə olunur, SIL sertifikatlı simsiz rabitə həddindən artıq doldurulmanın qarşısının alınmasını təmin edir. Rosemount 2460 məlumat konsentratoru, rezervuarın doldurulması məlumatlarını TankMaster inventar idarəetmə sisteminə və yaxud host sistemə DCS-ə köçürür. Rosemount 2230 ekranı rezervuarın hər hansı bir nöqtəsində məlumatlara məsafədən girişi təmin edir. 2100 seriyalı Rosemount maye səviyyəsini təyin edən siqnalizatorundan daşmanın qarşısının alınması üçün səviyyəölçən istifadə olunmadıqda, alternativ variant kimi istifadə olunur. Seqment birləşdiricisi, bölüşdürücü qutu, Tankbus şinini bir neçə rezervuara və ya ölçü çeviricilərinə bölür (alternativ ardıcıl qoşulmaya). Rosemount 2180 sahə şini modemi, TRL2 sahə şini ilə TankMaster fərdi kompüterlərin birləşdirilməsi üçün istifadə olunur. Simsiz Smart Wireless 1420/1410 şlüzü, simsiz şəbəkədəki sensorlardan istənilən yuxarı səviyyəli sistemə məlumat ötürülməsini təmin edir. Smart Wireless THUM çeviricisi bütün ölçmə nöqtələrinə simsiz interfeys əlavə edir [104, səh.6].

TankMaster kommersiya uçotunun idarə edilməsinin proqram təminatı sistemi avadanlıqlara tam nəzarət və sistem konfigurasiyası üçün istifadə edilir: rezervuarda səviyyə; səviyyənin dəyişmə sürəti; lay suyunun səviyyəsi; orta temperatur; lokal

temperatur; maye və buxar təzyiqi; sıxlıq; 100 kalibrləmə nöqtəsinə əsaslanan ümumi həcm; 5000 nöqtəli kalibrləmə cədvəlinə əsaslanan ümumi həcm; TPI standartlarına uyğun olaraq xalis həcm; çəki.

Bundan başqa TankMaster proqram təminatı sistemi aşağıdakı digər prosesləri reallaşdırır [48, s. 179]:

- əməliyyat qrafiki və interfeysi;
- qəza siqnallarının idarə edilməsini;
- həddindən artıq doldurma zamanı həyəcan siqnalının verilməsi üçün relenin çıxışlarını (SIL);
- 4-20 ma çıxış siqnalı;
- həddindən artıq doldurma zamanı həyəcan siqnalının verilməsi üçün relenin çıxışları (SIL olmadan);
- sızma zamanı həyəcan siqnalları;
- toplu hesabatlar;
- gündəlik hesabatlar;
- kütlə balansı hesabatları;
- məlumatların arxivləşdirilməsi;
- internet bağlantısı;
- sistemin konfigurasiyası və quraşdırılması.

Rosemount səviyyəölçənlərində hərəkət edən hissələr yoxdur. Rezervuarın daxilində kiçik antena yerləşdirilir ki, bu da çox yüksək etibarlılıq əldə etməyə imkan verir. Səviyyənin radarla ölçülməsi üçün iki modulyasiya texnologiyası tətbiq edilir:

1. Tezlik modulyasiyalı davamlı dalğa siqnalı, FMCW səviyyəölçənlərində istifadə olunur. Rosemount 5900S səviyyəölçəninə maksimum ölçmə dəqiqliyinə nail olmaq üçün rəqəmsal siqnal və filtrləmə texnologiyası ilə birlikdə FMCW-dən istifadə edir.

2. İmpuls metodu impulsun səthə və səthdən uzaq məsafəni qət etməsi üçün lazım olan vaxtı ölçür. Vaxt fərqi səviyyəni hesablandığı məsafəyə çevirir. Rosemount 5400 səviyyəölçəni bu texnologiyadan istifadə edir. İmpuls metodu üçün

xüsusi istifadə olunan Rosemount 5300 səviyyəölçənində istifadə edilən Time Domain Reflectometry (TDR) texnologiyasıdır ki, bu zaman aşağı güclü nanosaniyə impuls sınaq boyunca proses mühitinin səthinə yönəldilir və burada əks olunur. Səviyyəölçən bir çevirici və antenadan ibarətdir. Çevirici eyni ötürücü seriyasındakı istənilən növ antena ilə birləşdirilə bilər, bu da ehtiyat hissələrinə ehtiyacı minimuma endirir. Çeviricinin antena uyğunluğu tələb olunmur, çevirici rezervuarı açmadan asanlıqla dəyişdirilə bilər.

Rosemount rezervuarlarında uçot sistemi IEC 62591 (WirelessHART) simsiz sahə şəbəkələri üçün sənaye standartı əsasında Emerson simsiz texnologiyasını dəstəkləyir. Xarici naqillərə olan ehtiyacın əhəmiyyətli dərəcədə azaldılması sistemin quraşdırılması və istismara verilməsi üçün tələb olunan infrastruktur, mühəndis texniki xərcləri əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Bundan əlavə, layihələrin işə salınması və simsiz idarəetmə sisteminin yaradılması arasında müddət kəskin şəkildə azalır. Simsiz cihaz həm öz məlumatlarını, həm də şəbəkədəki digər cihazlardan məlumat ötürə bilər. Özünü təşkil edən şəbəkə avtomatik olaraq istənilən sabit və ya müvəqqəti maneə ətrafında ən effektiv yolu tapır. Cihazlar şəbəkəni təyin edir, ona qoşulur və dinamik kommunikasiya kanallarında təşkil olunur. Nə qədər cihaz qoşularsa, rabitə kanalları bir o qədər genişlənir və şəbəkənin etibarlılığı daha da artır. Ən sürətli yenilənmə sürəti şüzlə birbaşa əlaqəni təşkil edir. Emersonun simsiz şəbəkəsi təhlükəsizliyi təmin etmək üçün bu sinfə daxil olan şəbəkələr arasında ən birincisidir. Məlumatlar 128-bit şifrələmə, autentifikasiya, doğrulama, müdaxilədən qorunma, həmçinin açarların idarə edilməsi ilə qorunur.

Bütün simsiz cihazlar qəbuledici sistemlə simsiz şlüz vasitəsilə əlaqə saxlayır. Rosemount rezervuarlarda uçot sistemi eyni zamanda simli və simsiz şəbəkələr vasitəsilə əlaqə yarada bilər.

Smart Wireless şlüzü sahə cihazları və TankMaster proqramı və ya host/DCS sistemləri arasında interfeysi təmin edən şəbəkə meneceridir. Əlaqə 1410 və 1420 model şlüzləri ilə dəstəklənir. Rosemount rezervuarların uçot sistemində hər bir simsiz cihaz Rosemount 2410 Tank Hub konsentratından, 5900S seriyalı səviyyəölçəndən (bir və bir neçə 5300 / 5400 səviyyəölçənlərdən) və digər rezervuar

cihazlarından ibarət olur. Rosemount 2410 elektrik şəbəkəsinə və THUM Smart Wireless adapterinə qoşulur. Rezervuarlarda uçot sistemi təzyiq və temperatur çeviriciləri kimi simsiz cihazlarla təmin edilir.

Simsiz Smart Wireless şlüzü rezervuarlarda uçot sistemi üçün istifadə olunur və həcmın hesablanması üçün ölçmələrin dəqiq nəticələrini verir. Bu hesablama səviyyənin, lay suyunun səviyyəsinin, orta temperaturun və bəzi hallarda sıxlığın keyfiyyətə ölçülməsi üçün uyğun cihazların seçilməsini tələb edir. Bu sensorlardan hər hansı biri uyğun quraşdırılmazsa, standart həcmın hesablanması məhsulun keyfiyyətinə mənfi təsir göstərir. Oxşar şərtlər məhsulun xalis həcmının çox vacib olduğu inventar üçün də tətbiq olunur. Kütləvi balans və itkilərin qiymətləndirilməsi üçün hesablanmış kütlə araşdırılır.

Rosemount rezervuarlarda uçot sisteminin yüksək dəqiqlikli ölçmələri və hesablamaları üçün sistem aşağıdakı cihaz, avadanlıqlar və proqram təminatı ilə təchiz edilir: 5900S səviyyəölçəni; 565/566 və ya 765 sensorlu model 2240S temperatur çeviricisi; 3051S təzyiqölçəni; TankMaster WinOpi proqram təminatı.

Sistem qurğuları alınan məlumatları optimallaşdırmaq üçün mübadilə edir. Məhsulun temperaturunun ölçülməsi funksiyaları, məhsulun orta temperaturunun hesablanması üçün səviyyə haqqında informasiyalardan istifadə edir. Təzyiq vericilərindən alınan məlumatlar sıxlığı hesablamaq üçün istifadə olunur. Ehtiyat parametrləri rezervuar üçün mövcud olan giriş məlumatlarına əsasən hesablanır.

5900S səviyyəölçəni ilə sistemin konfigurasiyası kommersiya və inventar hesabı üçün ölçmələrin dəqiqliyinə ən yüksək tələb zamanı istifadə olunur [104, səh.5]. Dəqiq xalis həcm çənin kalibrləmə cədvəllərindən istifadə etməklə və çənin temperatur xarakteristikaları nəzərə alınmaqla hesablanır. Temperaturun ölçülməsi üçün 2240S model temperatur ölçmə çeviricisi, 565 və ya 765 modellərinin çox nöqtəli temperatur sensorları ilə birlikdə istifadə olunur. 3051S markalı ölçmə çeviricisi təzyiqin ölçülməsi üçün istifadə olunur. Hər bir rezervuar Rosemount 2410 konsentratorundan istifadə edir. Bütün qiymətlər kommersiya və inventar uçotu üçün tam alət dəsti olan TankMaster proqram təminatına ötürülür. TankMaster həcmi və sıxlığı hesablamaq üçün TPI/ISO kalkulyatoruna malikdir. Kommersiya

uçotunun dəqiqliyi tələb olunmadıqda, 5900S modeli 5900C model səviyyəölçəni ilə əvəz edilə bilər.

Minimum ölçmə dəqiqliyi əldə etmək üçün rezervuarlarda uçot sisteminin reallaşdırılması simli və simsiz texnologiyalar birləşdirilə bilər. Rosemount rezervuarlarda uçot sistemi istənilən mövcud uçot sisteminə qoşula bilər və ya əlavə ehtiyat üçün simli sistemlə təchiz olunmuş rezervuara simsiz sistem də əlavə edilə bilər.

Rosemount 2410 və 2460 model konsentratorlar sahə qurğularının emulyasiyasını kənar müdaxilələrdən qoruyur. Bundan əlavə, 2460 model konsentrator mövcud uçot sistemi və Rosemount TankMaster inventar idarəetmə proqram təminatı arasında məlumat mübadiləsi aparmağa imkan verir. TankMaster emulyasiya edilmiş sahə cihazlarını konfigurasiya etməyə imkan verir. Bundan əlavə, bu proqram təminatı servis səviyyəölçəninə əmrlər göndərə bilər.

Neft və neft məhsullarının kəmiyyət uçotu. Neft bazalarının operativ heyətinin və mühasibatlıq şöbəsinin yerinə yetirməli olduğu mühüm vəzifələrdən biri də neft və neft məhsullarının kəmiyyət uçotunun aparılmasıdır [42, səh.20].

Neft və neft məhsullarının uçotu ölçü vahidləri ilə aparıla bilər: -həcm (həcm uçotu); -kütlə (kütlə uçotu); -həcm və kütlə (həcm-kütlə uçotu).

Neft bazalarında və yanacaqdoldurma məntəqələrində həcm və kütlə uçotu aparılır. Neft və neft məhsullarının tədarükçüləri və istehlakçıları ilə hesablaşmalar neft bazalarında kütlə vahidləri ilə, yanacaqdoldurma məntəqələrində isə həcm vahidləri ilə aparılır. Məhsulun həcmnin ölçülməsi üsulundan asılı olaraq kütlə-həcm üsulu dinamik və statik üsullara bölünür. Dinamik üsuldan məhsulun kütləsi birbaşa neft kəmərlərində və məhsul boru kəmərlərində axın üzrə ölçüldükdə istifadə olunur. Bu üsulla məhsulun həcmi sayğaclar və ya integratorlarla axın sayğacları ilə ölçülür.

Tank Gauging rezervuar parklarında məhsul kütləsinin kommersiya uçotu sistemi [105, səh.5]. Müasir dünyada istənilən müəssisənin məhsuldarlığı və sərmayəsinin qaytarılması göstəriciləri çox yüksək olmalıdır. Buna görə də, rezervuar parkları istehsal təhlükəsizliyini yüksək səviyyədə təşkil etməklə

minimum xərc sərf edərək mümkün qədər səmərəli işlədilməlidir. Neft məhsullarının istehlakının gündəlik artması, neft hasil edən və neft emalı sənayesinin inkişafı nəticəsində neft məhsullarının saxlanması daim artan ehtiyac yaranır. Neft məhsullarına olan tələbat qiymətlərin artmasına səbəb olur və nəticədə rezervuar parklarında neft məhsullarının kommersiya uçotuna ehtiyac artır. Tərkibində rezervuar parkları olan müəssisələr məhsulu rezervuar parkında mümkün qədər səmərəli şəkildə paylamaq və onun doldurulub-boşaldılmasını idarə etmək, mövcud bazar tələbatına cavab vermək üçün məhsul ehtiyatları haqqında etibarlı məlumat almalıdırlar. Bu gün bir çox rezervuar parklarında köhnəlmiş ölçmə avadanlıqlarından istifadə edilir və ya əl ilə ölçülür. Bu cür obyektlərin modernləşdirilməsi büdcə məhdudiyyətləri və illər ərzində formalaşdırılmış sistemin arxitekturasına görə çətin ola bilər, ona görə də tədricən modernləşdirmə planı hazırlamaq lazımdır. Endress+Hauser rezervuar parklarında məhsul uçotu üçün Tank Gauging sistemini təklif edir [105, səh.2, 106, səh.3]. Mövcud tendensiyaları izləyən Endress+Hauser avtomatlaşdırma və proseslərə nəzarət üsulları üçün tapşırıqlar hazırlayır və təklif edir. Tank Gauging sisteminin genişləndirilə bilən strukturu müştərinin ehtiyaclarına uyğun olaraq rezervuar parkının tədricən modernləşdirilməsinə imkan verir. Tank Gauging yalnız açıq standart məlumat ötürmə protokollarından istifadə edir. Tank Gauging sisteminə daxil olan qurğular həm müstəqil, həm də Endress+Hauser MMC-nin və ya digər istehsalçıların rezervuar parklarında ölçmə sistemlərinin bir hissəsi kimi istifadə edilə bilər.

Tank Gauging uçot sistemi avtomatik olaraq səviyyəni, temperaturu, təzyiqi ölçür və məhsulun həcmi, kütləsini, orta sıxlığını hesablayır və real vaxt rejimində operatorun iş yerinin displeyində məlumatları göstərir [104, səh.2]. Tank Gauging sistemi GOST 8.595-2004 (statik ölçmələrin dolayı metodunu tətbiq edir), həmçinin beynəlxalq API, OIML standartlarına uyğundur. Tank Gauging müxtəlif neft və neft məhsulları saxlama obyektlərində istifadə olunur: neft bazaları; neft saxlama anbarları; göndərmə və paylama terminalları; neft emalı və neft-kimya.

Endress+Hauser tərəfindən istehsal olunan Tank Gauging mühasibat sistemi əməliyyat üçün etibarlı və özünü doğrultmuş sistemdir və həm kiçik həm də böyük rezervuar parklarında kommersiya uçuotu üçün ideal hesab olunur.

Entis t.910-01 - əmtəəlik neft məhsullarının kommersiya uçuotu və rezervuar parkının ehtiyatlarına nəzarət sistemi. Neft məhsulları parkının ehtiyatlarının kommersiya uçuotu və nəzarəti üçün Entis-t.910-01 sistemi maye halında olan məhsul ehtiyatlarının səviyyəsini, təzyiqini, temperaturunu, sıxlığını və kəmiyyətini ölçmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. GPU, IP-BPM, HART, Modbus, Fieldbus protokollarından istifadə edərək rəqəmsal formada ötürülən ölçmə məlumatlarının toplanması, onun işlənməsi və indikasiyası, rəqəmsal idarəetmə siqnallarının yaradılması ilə onların həcmi və kütləsini hesablayır.

Seriya nömrəsi 880550070/880025111 olan rezervuar parkının neft məhsulları ehtiyatlarının kommersiya uçuotu və nəzarəti üçün Entis-t.910-01 sisteminə 13 dəst səviyyə ölçən alətləri daxildir (971 SmartRadar Lti və SmartRadar 990 F radar səviyyəölçənləri), temperatur sensorları (Enraf temperatur çeviricisi və Vito 762, Vito Probe 767 və Vito Probe 768), təzyiq sensorları (ST3000 və ST800 və 3051S Hollandiyanın «Honeywell-Enraf» və ABŞ-nın Rosemount Inc. Firmalarının istehsalı), rezervuarlarda quraşdırılmış Hollandiyanın «Honeywell-Enraf» firmasının istehsalı olan idarəetmə kontrolleri CIU Plus və CIU Prime idarəetmə kontrolleri və Entis proqram təminatı (sadalanan cihazlarından alınan ölçmə məlumatlarının ötürülməsi üçün məlumat və ölçmə kanalları) [107, səh.4]. ModBus protokoluna əsasən, anbar ehtiyatlarının vəziyyəti haqqında daxil olan məlumat sistemin mərkəzi stansiyasına ötürülür, orada vizuallaşdırılır, həmçinin məlumatlar daha yüksək səviyyəli tənzimləmə və idarəetmə sistemlərinə ötürülür.

2.2. Neft məhsullarının cari sıxlığının avtomatlaşdırılmış hesablanması alqoritmi

Neft məhsullarının cari sıxlığının avtomatlaşdırılmış hesablanması, müasir sənayenin təkmilləşmiş texnologiyalarına əsaslanan bir yanaşmadır [3, s.69-74, 85,

s.10]. Bu proses, neftin nəqlini, saxlanmasını və emalı üçün daha effektiv idarəetmə imkanını yaradır. Sıxlıq, neftin fiziki xüsusiyyətlərindən biridir və onun düzgün ölçülməsi məhsulun keyfiyyətini, iqtisadi dəyərini və nəqliyyat proseslərinin düzgün yerinə yetirilməsini asanlaşdırır. Avtomatlaşdırılmış sıxlıq hesablaması, ənənəvi əl üsullarından fərqli olaraq daha sürətli, dəqiq və etibarlıdır. Bu prosesin avtomatlaşdırılması üçün bir sıra müasir texnologiyalar tətbiq edilir. Sensorlar və digər ölçmə cihazları ilə real zaman rejimində verilənlər toplanır. Bu cihazlar, temperatur, təzyiq və digər fiziki parametrləri də izləyərək sıxlıq hesablamalarını dəqiq şəkildə həyata keçirir. Avtomatlaşdırılmış sistemlər, həmçinin bu ölçmələri mərkəzi idarəetmə sistemlərinə göndərir, burada verilənlər analiz olunur və nəticələr çıxarılır.

Sıxlıq hesablamasının avtomatlaşdırılması, yalnız ölçmələrin dəqiqliyini artırmaqla kifayətlənmir, eyni zamanda prosesin icra olunma sürətini də artırır. İnsan müdaxiləsi olmadan baş verən bu hesablama prosesi, istənilən nöqtədə, hətta həddindən artıq sayda məlumat toplandığı zaman belə, sabit və etibarlı qiymətlər alınmasını şərtləndirir [1, s. 72-78]. Nəticədə, bu sistemlər daha əvvəlki nəticələrdən istifadə edərək proqnozlar və analizlər də apara bilər. Bu da neftin keyfiyyətinin təyini və idarəetmənin təkmilləşdirilməsi baxımından faydalıdır.

Avtomatlaşdırılmış sıxlıq hesablaması sistemi, təkrarlanan və standartlaşdırılmış ölçmə əməliyyatlarını, hesablamaları sadələşdirmək üçün tətbiqi proqram modullarından istifadəni zəruri edir. Bu proqramlar, ölçmələri yalnız real vaxtda deyil, həmçinin periodik olaraq bazadakı məlumatları nəzərə alaraq təhlil edir [46, s. 45]. Bu, anomaliyaların aşkar edilməsi, səhvlərin və ya qərarların vaxtında qarşısının alınması üçün vacibdir. Məsələn, qəflətən sıxlıqda dəyişikliklər baş verərsə, avtomatik xəbərdarlıq sistemi işə düşər və müvafiq tədbirlər görülər. Bu texnologiyanın istifadəsi həmçinin səmərəliliyi artırır və resursların israfını azaldır. Daha əvvəlki üsullarla müqayisədə, avtomatlaşdırılmış sistemlər xətalara və səhvlərin qarşısını alır, çünki insan faktoru minimaldır. Bundan əlavə, proseslər sürətlənir və məhsul itkiləri azalır.

Avtomatlaşdırılmış sıxlıq hesablaması sistemləri, təhlükəsizliyi də artırır. Belə ki, bu sistemlər sıxlıq dəyişikliklərini, temperatur artımını və təzyiq yüksəlişlərini öncədən təyin edir və operativ məlumatları ötürür [16, s. 101-103]. Bu, yanğın, sızma və digər təhlükəli vəziyyətlərin məhdudlaşdırılması üçün zəruri tədbirlərin görülməsinə xidmət edir. Həmçinin, təhlükəsiz iş mühiti təmin edilir, çünki əməliyyatçılar və texniki heyət daha az təhlükəli şəraitdə işləyirlər.

Bu sistemlərin tətbiqi neft məhsullarının müxtəlif növləri üçün xüsusi olaraq optimallaşdırılır. Hər bir neft məhsulunun sıxlığı, temperatur və təzyilə bağlı parametrləri fərqli olduğu üçün avtomatlaşdırılmış sistemlər hər məhsulun xüsusiyyətlərinə uyğun hesablamalar aparır. Eyni zamanda, müxtəlif nəqliyyat və saxlama şəraitlərinə uyğun hesablamalar da mümkündür. Bu texnologiyanın tətbiqi təkcə ölçmələrin dəqiqliyini artırmaqla kifayətlənmir, həm də istehsal və logistika əməliyyatlarının optimallaşdırılmasına da kömək edir. Avtomatlaşdırılmış sıxlıq hesablamaları vasitəsilə, məhsulun nəqlini daha sürətli və etibarlı etmək olur, bu da resurslara qənaət üçün şərait yaradır. Sıxlığın düzgün və vaxtında ölçülməsi, məhsulun keyfiyyətini qorumaq və düzgün qiymətləndirmək üçün çox əhəmiyyətlidir.

Neft məhsullarının cari sıxlığının avtomatlaşdırılmış hesablanması, texnoloji inkişafın bir nəticəsidir və neft sənayesində əməliyyatların dəqiqliyini və effektivliyini artırır [2, s.55-57, 64, s.296-298, 75, s.25]. Bu sistemlər məhsulun keyfiyyətini təmin etməklə yanaşı, təhlükəsizliyi artırır, xərcləri minimuma endirir.

Bu paraqrafda neft və neft məhsullarının cari sıxlığının avtomatlaşdırılmış hesablanması alqoritminin işlənməsinə baxılmışdır. Göstərilmişdir ki, sınaq olunan neft məhsulunun ətraf mühitin temperaturu nəzərə alınmaqla nisbi sıxlığını cihazla təyin etdikdən sonra eksperimental qiymətlərə uyğun diapazonda cari sıxlığın təyini və digər seçimlər hesablamının xətasını artırır. Eksperimental verilənlərin kompüterdə emalı, neft məhsulunun nisbi sıxlıq diapazonunun təyini və temperatur düzləndiricisinin təyin olunmuş diapazonuna uyğun tapılması sınaq olunan neft məhsulunun cari sıxlığının işlənmiş alqoritmin tətbiqi ilə verilmiş dəqiqliyə uyğun hesablanmasını təmin edir.

Neft məhsullarının tərkibinə daxil olan fraksiyaların parametrlərinin qiymətləndirilməsi üçün mühim xarakteristikalardan biri onun sıxlığıdır [38, s. 169, 44, s. 148]. Neft məhsullarının keyfiyyətinə çoxsaylı nəzarət üsullarından biri və ən dəqiqi onun sıxlığıdır. Ona görə ki, neft məhsulunun sıxlığının ölçülməsi üçün çox sayda nümunələrin götürülməsi, qarışığın tərkibinin komponentlərinin dəyişdirilməsi və əlavə reaktivlərin istifadəsi tələb olunmur. Sıxlıq həmçinin neft məhsullarının kommersiya uçotunu və bazar qiymətlərinin tənzimlənməsi üçün açar rolunu oynayan parametrlərdən ən mühimidir [35, s.71, 37, s.34, 44, s.49, 46, s.24]:

Ənənəvi olaraq neft məhsullarının sıxlığı ətraf mühitin temperaturu nəzərə alınmaqla tələb olunan dəqiqliklə areometr, densimetr, Vestfal Mor hidrostatik çəki, piknometr və ya avtomatik rəqəm sıxlıqölçənləri ilə təyin edilir [76, s.103, 95, s.107]. Ölçmə nəticəsində təyin olunmuş neft məhsulunun sıxlıq qiymətlərindən ibarət cədvəl tərtib edilərək, ölçülmüş qiymətlər neft məhsulunun sıxlığının mümkün temperatur həddi üçün hesablanır. Cədvəldə yerləşdirilmiş sıxlıq qiymətlərinin ədədi ortası real neft məhsulunun sıxlığı kimi qəbul edildiyindən hesablamaların və digər seçimlərin xətası kifayət qədər böyük olur.

Neft və neft məhsullarının cari sıxlığının hesablanması. Neft emalı prosesində neftin və neft məhsullarının nisbi sıxlığı həmin məhsulun 20°C temperatur və suyun 4°C temperaturu üçün hesablanmış qiyməti ilə təyin edilir. Bəzi ölkələrdə isə bu qiymət 15°C temperatur üçün standart kimi qəbul edilir. Neft və neft məhsullarının çıxarılması, emalı, saxlanması və daşınması prosesində sıxlığın dəyişməsi aşağıdakı parametrlərdən asılı olur [22, s.110-120, 45, s.150, 2, 55-57]:

1. temperaturdan; 2. təzyiqdən; 3. müxtəlif neft qazlarının tərkibindən; 4. emulsiya plast suyun tərkibindən.

Areometr (neftedensimetr) - maye (bəzən də bərk) cisimlərin sıxlığını, məhlulların qatılığını (konsentrasiyasını) təyin edən cihazdır. Nisbi sıxlığı təyin etmək üçün areometrik metod Arximed qanununa əsaslanır. Neftedensimetr ilə sıxlığın təyin edilməsi dəqiqliyi 0,0005 - 0,0010 aralığındadır. Neftedensimetrdən istifadə zamanı iki paralel ölçmə arasındakı icazə verilə bilən xəta müvafiq olaraq

0.001 və 0.002 həddini keçməməlidir. Neftedensimetr ilə sıxlığın təyin edilməsi üsulu tez və ən az əmək tələb edən bir üsuldur. Tez buxarlanan neft məhsullarından başqa bütün neft məhsullarının sıxlığını neftedensimetr vasitəsilə təyin etmək mümkündür. Sınaqdan keçirilən neft məhsulunun sıxlığının təyin etməzdən əvvəl nümunə üçün istifadə olunacaq neft məhsulu adi temperaturda saxlanılır və ətraf mühitin temperaturu təyin olunduqdan sonra nümunə ehtiyatla silindrin içərisinə tökülür. Təmiz və quru neftedensimetrin kənarından tutaraq yavaş-yavaş və ehtiyatla neft məhsulunun içərisinə yerləşdirilir. Neftedensimetr sükunət halına gəldikdən sonra meniskin yuxarı kənarına görə hesablama aparılır. Hesablama zamanı neftedensimetrin başlığı meniskin yuxarı səviyyəsində olmalıdır. Neft məhsulunun temperaturu da neftedensimetrin termometri ilə ölçülür. Neftedensimetrin şkalasına görə hesablama sınaq temperaturunda neft məhsulunun sıxlığını göstərir. Bu sıxlığın göstəricisindən həcmə görə neft məhsulunun miqdarını təyini zamanı istifadə edilir.

Neft və neft məhsullarının müxtəlif fraksiyalarının sıxlığı uyğun olaraq aşağıdakı cədvəl 2.2.1-dəki kimi təyin edilmişdir [66, s.2, 94, s.5]:

Cədvəl 2.2.1.

Neft məhsullarının standartda uyğun qəbul olunmuş sıxlıq diapazonu

1.	Aviasiya benzini	0.73 - 0.75
2.	Avtomobil benzini	0.71 - 0.76
3.	Reaktiv mühərriklər üçün yanacaq	0.76 - 0.84
4.	Dizel yanacağı	0.80 - 0.85
5.	Mühərrik yağı	0.88 - 0.94
6.	Mazut	0.92 - 0.99
7.	Neft	0.74 - 0.97

Neft və neft məhsullarının sıxlığı temperatur artdıqca azalır və temperatur azaldıqca artır. Bu asılılıq xətti xarakter daşıyır və aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\rho_4^t = \rho_4^{20} - \alpha(t - 20),$$

burada, $\mathcal{S}_4^t$ -sınaq temperaturu üçün neft məhsulunun nisbi sıxlığıdır; $\mathcal{S}_4^{20}$ - 20°C temperatur üçün suyun 4°C temperaturu üçün neft məhsulunun nisbi sıxlığıdır; α -sıxlığın dəyişməsinin orta temperatur düzləndiricisidir; t - sınaq temperaturudur. Verilmiş cari temperatur üçün neft məhsulunun sıxlığının hesablanması aşağıdakı mərhələlərin yerinə yetirilməsini əhatə edir [64, s.4]:

1. 20°C temperatur üçün neft məhsulunun pasportdan sıxlığı tapılır;
2. neft məhsulunun saxlanıldığı rezervuarda məhsulun orta temperaturu ölçülür;
3. neft məhsulunun orta temperaturu ilə 20°C temperatur arasındakı fərqi hesablanır;
4. neft məhsulunun 20°C temperaturda sıxlığı üçün tapılmış qiymətə uyğun pasportdan 1°C temperatur düzləndiricisinin qiyməti tapılır;
5. hesablanmış temperatur fərqi ilə tapılmış temperatur düzləndiricisinin hasili hesablanır;
6. 20°C temperatur üçün neft məhsulunun pasportdan tapılmış sıxlığı ilə beşinci bənddə hesablanmış qiymətin fərqi hesablanır [əlavə 5].

Göründüyü kimi bu prosesin mürəkkəbliyi və yerinə yetirilməsi neft məhsulunun sıxlığının hesablanması üçün alınmış sınaq qiymətlərinin xətası nəzərə alınmaqla cari sıxlığın xətasını artırır. Bu baxımdan təqdim olunan işdə neft və neft məhsullarının sıxlığının avtomatlaşdırılmış hesablanması alqoritminin işlənilməsinə baxılmışdır [9, s.427-428, 25, s.34-39, 63, s. 296-298].

2.2.1. Neft məhsullarının cari sıxlığının avtomatlaşdırılmış hesablanması alqoritmi

Alqoritmin başlanğıcı

Addım 1. $x_{min} = x_1$; $i = 2$; qəbul edilir.

Addım 2. Əgər $x_{min} > x_i$ şərti ödənərsə, onda $x_{min} = x_i$ qəbul edilir, əks halda $i = i + 1$ hesablanır.

Addım 3. Əgər $i \leq n$ şərti ödənərsə, onda addım 2-yə keçid olur.

Addım 4. $x_{max} = xx_1$; $i = 2$; qəbul edilir.

Addım 5. Əgər $x_{max} \leq xx_i$ şərti ödənərsə, onda $x_{max} = xx_i$ qəbul edilir, əks halda $i = i + 1$ hesablanır.

Addım 6. Əgər $i \leq n$ şərti ödənərsə, onda addım 5-ə keçid olur.

Addım 7. Neft məhsulunun sıxlığının 20^0C temperatur üçün aşağı və yuxarı sərhəddi təyin edilir: $a = x_{min}$; $b = x_{max}$.

Addım 8. Neft məhsulunun cari sıxlığının yeni diapazonunun hesablanması əmsalı təyin edilir: $k_1 = 0.0100$.

Addım 9. Neft məhsulunun cari sıxlığının yeni diapazonunun hesablanması üçün temperatur düzləndirilməsi əmsalı təyin edilir: $k_2 = 0.000013$.

Addım 10. 1^0C temperatūra üçün neft məhsulunun temperatur düzləndirilməsi əmsalının başlanğıc qiyməti təyin edilir: $TP = 0.000962$.

Addım 11. Ölçmə üçün neft məhsulunun sıxlıq diapazonunun sayğacının başlanğıc qiyməti: $k = 0$ qəbul edilir.

Addım 12. Densimetrin yuxarı şkalasının PT (neft məhsulunun sıxlığı) və aşağı şkalasının T (neft məhsulunun temperaturu) qiymətləri təyin edilir.

Addım 13. Neft məhsulunun cari sıxlığının yeni diapazonun sərhəd qiymətləri hesablanır:

$$a_1 = a + k_1 \cdot k; \quad b_1 = b + k_1 \cdot k.$$

Addım 14. Əgər $k > 24$ şərti ödənərsə, onda alqoritmin sonuna keçid olur.

Addım 15. Əgər $a_1 \leq PT \leq b_1$ şərti ödənərsə, onda neft məhsulunun cari sıxlığı hesablanır:

$$TP = TP - k_2 \cdot k; \quad P = PT - TP \cdot (T - 20).$$

Alqoritmin sonuna keçid edilir.

Addım 16. Neft məhsulunun sıxlıq diapazonunun sayğacının qiyməti

$k = k + 1$ qəbul edilir və addım 13-ə keçid olur.

Addım 17. Neft məhsulunun cari sıxlığı təyin edilir.

Alqoritmin sonu. [əlavə 6], [əlavə 7]

2.2.2. Kompüter eksperimenti nəticəsində neft məhsullarının hesablanmış cari sıxlığı

Cədvəl 2.2.1.

Sınaq olunan neft məhsulu: aviasiya benzini (0.73 - 0.75) [əlavə 10]

<i>Ölçmələr</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>PT</i>	<i>TP</i>	<i>P</i>
1.	0.7300	0.7399	0.7320	0.000858	0.7397
2.	0.7300	0.7399	0.7330	0.000858	0.7399
3.	0.7300	0.7399	0.7350	0.000858	0.7410
4.	0.7300	0.7399	0.7360	0.000858	0.7411
5.	0.7300	0.7399	0.7390	0.000858	0.7416
6.	0.7400	0.7499	0.7440	0.000845	0.7432
7.	0.7400	0.7499	0.7450	0.000845	0.7433
8.	0.7400	0.7499	0.7460	0.000845	0.7435
9.	0.7400	0.7499	0.7480	0.000845	0.7412
10.	0.7400	0.7499	0.7490	0.000845	0.7414

Cədvəl 2.2.2.

Sınaq olunan neft məhsulu: avtomobil benzini (0.71 - 0.76) [əlavə 5]

<i>Ölçmələr</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>PT</i>	<i>TP</i>	<i>P</i>
1.	0.7100	0.7199	0.7150	0.000884	0.7230
2.	0.7100	0.7199	0.7190	0.000884	0.7261
3.	0.7200	0.7299	0.7260	0.000871	0.7321
4.	0.7200	0.7299	0.7280	0.000871	0.7332
5.	0.7300	0.7399	0.7320	0.000858	0.7363
6.	0.7300	0.7399	0.7370	0.000858	0.7353
7.	0.7400	0.7499	0.7460	0.000845	0.7426
8.	0.7400	0.7499	0.7480	0.000845	0.7429
9.	0.7500	0.7599	0.7510	0.000832	0.7443
10.	0.7500	0.7599	0.7530	0.000832	0.7455

Cədvəl 2.2.3.

Sınaq olunan neft məhsulu: reaktiv mühərriklər üçün yanacaq (0.76 - 0.84)

Ölçmələr	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>PT</i>	<i>TP</i>	<i>P</i>
1.	0.7600	0.7699	0.7620	0.000819	0.7686
2.	0.7600	0.7699	0.7690	0.000819	0.7747
3.	0.7700	0.7799	0.7710	0.000806	0.7758
4.	0.7800	0.7799	0.7770	0.000806	0.7810
5.	0.7800	0.7899	0.7890	0.000793	0.7914
6.	0.8000	0.8099	0.8010	0.000767	0.7987
7.	0.8100	0.8199	0.8130	0.000754	0.8100
8.	0.8200	0.8299	0.8270	0.000741	0.8226
9.	0.8300	0.8399	0.8380	0.000728	0.8329
10.	0.8300	0.8399	0.8390	0.000728	0.8332

Cədvəl 2.2.4.

Sınaq olunan neft məhsulu: dizel yanacağı (0.80 - 0.85)

Ölçmələr	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>PT</i>	<i>TP</i>	<i>P</i>
1.	0.8000	0.8099	0.8010	0.000767	0.8087
2.	0.8000	0.8099	0.8040	0.000767	0.8101
3.	0.8100	0.8199	0.8150	0.000754	0.8195
4.	0.8100	0.8199	0.8180	0.000754	0.8203
5.	0.8200	0.8299	0.8250	0.000741	0.8265
6.	0.8200	0.8299	0.8270	0.000741	0.8263
7.	0.8300	0.8399	0.8310	0.000728	0.8295
8.	0.8300	0.8399	0.8350	0.000728	0.8321
9.	0.8300	0.8399	0.8370	0.000728	0.8319
10.	0.8300	0.8399	0.8390	0.000728	0.8332

Cədvəl 2.2.5.

Sınaq olunan neft məhsulu: mühərrik yağı (0.88 - 0.94)

<i>Ölçmələr</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>PT</i>	<i>TP</i>	<i>P</i>
1.	0.8800	0.8899	0.8850	0.000663	0.8903
2.	0.8800	0.8899	0.8890	0.000663	0.8936
3.	0.8900	0.8999	0.8930	0.000650	0.8963
4.	0.8900	0.8999	0.8970	0.000650	0.8996
5.	0.9000	0.9099	0.9050	0.000637	0.9063
6.	0.9000	0.9099	0.9080	0.000637	0.9067
7.	0.9100	0.9199	0.9120	0.000624	0.9095
8.	0.9100	0.9199	0.9120	0.000624	0.9076
9.	0.9200	0.9299	0.9270	0.000611	0.9221
10.	0.9300	0.9399	0.9360	0.000598	0.9306

Cədvəl 2.2.6.

Sınaq olunan neft məhsulu: mazut (0.92 - 0.99)

<i>Ölçmələr</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>PT</i>	<i>TP</i>	<i>P</i>
1.	0.9200	0.9299	0.9250	0.000611	0.9299
2.	0.9200	0.9299	0.9290	0.000611	0.9333
3.	0.9300	0.9399	0.9310	0.000598	0.9346
4.	0.9300	0.9399	0.9340	0.000598	0.9370
5.	0.9300	0.9399	0.9360	0.000598	0.9390
6.	0.9300	0.9399	0.9390	0.000598	0.9408
7.	0.9400	0.9499	0.9480	0.000585	0.9462
8.	0.9600	0.9699	0.9571	0.000559	0.9610
9.	0.9800	0.9899	0.9820	0.000533	0.9777
10.	0.9900	0.9999	0.9900	0.000520	0.9864

Cədvəl 2.2.7.

Sınaq olunan neft məhsulu: neft (0.74 - 0.97)

<i>Ölçmələr</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>PT</i>	<i>TP</i>	<i>P</i>
1.	0.7400	0.7499	0.7430	0.000845	0.7498
2.	0.7400	0.7499	0.7450	0.000885	0.7501
3.	0.7500	0.7599	0.7550	0.000832	0.7592
4.	0.7500	0.7599	0.7580	0.000832	0.7605
5.	0.7600	0.7699	0.7650	0.000819	0.7642
6.	0.7700	0.7799	0.7740	0.000806	0.7716
7.	0.7800	0.7899	0.7810	0.000793	0.7778
8.	0.7800	0.7899	0.7880	0.000793	0.7840
9.	0.9200	0.9299	0.9270	0.000611	0.9227
10.	0.9600	0.9699	0.9690	0.000559	0.9640

Cədvəl 2.2.8.

Sınaq olunan neft məhsulunun normativə uyğunluğu

<i>Sınaq olunan neft məhsulu</i>	<i>Neft məhsulunun adı</i>	<i>Sıxlıq diapazonu</i>	<i>Hesablanmış sıxlıq</i>	<i>Nəticə</i>
1.	<i>Aviasiya benzini</i>	<i>0.73 - 0.75</i>	<i>0.74159</i>	<i>uyğundur</i>
2.	<i>Avtomobil benzini</i>	<i>0.71 - 0.76</i>	<i>0.73613</i>	<i>uyğundur</i>
3.	<i>Reaktiv mühərriklər üçün yanacaq</i>	<i>0.76 - 0.84</i>	<i>0.79889</i>	<i>uyğundur</i>
4.	<i>Dizel yanacağı</i>	<i>0.80 - 0.85</i>	<i>0.82381</i>	<i>uyğundur</i>
5.	<i>Mühərrik yağı</i>	<i>0.88 - 0.94</i>	<i>0.90626</i>	<i>uyğundur</i>
6.	<i>Mazut</i>	<i>0.92 - 0.99</i>	<i>0.94859</i>	<i>uyğundur</i>
7.	<i>Neft</i>	<i>0.74 - 0.97</i>	<i>0.80039</i>	<i>uyğundur</i>

2.3. Rezervuar parkının kommersiya uçuotu üçün ölçmələrin qeyri-müəyyənliyinin hesablanması

Ölçmələrin əsas kəmiyyət verilənlərini ifadə edən standart qeyri-müəyyənlikdir. Ölçmələrin əsas kəmiyyət göstəricilərini ifadə edən standart qeyri-müəyyənlik ayrı-ayrı ölçmələrin qeyri-müəyyənliklərinin cəmi şəklində hesablanır. Əgər ölçmənin genişlənmiş qeyri-müəyyənliyini hesablama zərurəti olarsa, onda onu aşağıdakı düsturla hesablamaq olar [8, s.39-41, 42, s.20]:

$$U = k \cdot u_c, \quad (2.3.1)$$

burada k -əhatə əmsalı, u_c - standart qeyri-müəyyənliklərin cəmi, U -isə genişlənmiş qeyri-müəyyənlikdir [36, s.30, 42, s.47].

Ölçülən kəmiyyət aşağıdakı funksiya kimi təyin edilir:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_m),$$

burada, $x_1, x_2, \dots, x_m$ - birbaşa ölçülən kəmiyyətlər və ya ölçmənin nəticəsinə təsir edən digər göstəricilərdir; m - ölçülən kəmiyyətlərin sayıdır; f -isə funksional asılılıqdır.

Standart qeyri-müəyyənliyin iki müxtəlif A və B tipli hesablama üsulu mövcuddur. A tipli hesablama üsulu çoxsaylı ölçmələrin nəticələrinin statistik analizi ilə reallaşdırılır. B tipli hesablama isə digər mexanizmlərin tətbiqi ilə yerinə yetirilir.

Standart U_A qeyri-müəyyənliyinin A tipli hesablanması üçün ilkin verilənlər kimi çoxsaylı ölçmələrin $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in_i}$ ($i = \overline{1, m}$; n_i - i giriş verilənlərinin ölçmələrinin sayıdır) nəticələri qəbul edilir. Vahid ölçmədə i giriş kəmiyyətinin U_{Ai} standart qeyri-müəyyənliyi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$U_{Ai} = \sqrt{\frac{1}{n_i - 1} \cdot \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{x}_i)^2}, \quad (2.3.2)$$

burada $\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{q=1}^{n_i} x_{iq}$, ($\bar{x}_i$ - i giriş kəmiyyətinin ölçmə nəticələrinin orta ədədi qiymətidir). Ölçmədə i giriş kəmiyyətinin $U_A(x_i)$ standart qeyri-müəyyənliyi

ölçmə nəticələrinin orta ədədi qiyməti ilə təyin edilir və aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$U_{A(x_i)} = \sqrt{\frac{1}{n_i(n_i-1)} \cdot \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{x}_i)^2}. \quad (2.3.3)$$

B tipli standart qeyri-müəyyənliyin hesablanması üçün aşağıdakı ilkin verilənlərdən istifadə olunur: -ölçmə tənliyinə daxil olan ölçülən kəmiyyətə təsir edən verilənlər; -ehtimalların paylanma qiymətləri; -ölçmə qurğularının xüsusiyyətləri; -ölçülən parametrlərin xassələri haqqında ümumi biliklər və ya ekspert təcrübəsinə əsaslanan verilənlər; -qeyri-müəyyən sabitlər və məlumat bazası (verilənləri); -yoxlama, kalibrləşmə və qurğunun istehsalı və hazırlanması verilənləri.

Yuxarıda sadalanan ilkin verilənlər üçün *B* tipli hesablama üsulu ilə standart $U_B(x_i)$ qeyri-müəyyənliyi aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$U_B(x_i) = \frac{b_{i+} - b_{i-}}{2\sqrt{3}}, \quad (2.3.4)$$

burada (b_{i-}, b_{i+}) *i* giriş kəmiyyətinin bərabər paylanma qanununa uyğun ölçmələrin aşağı və yuxarı sərhəd qiymətləridir. Simmetrik sərhədlər $\pm b_i$ üçün isə standart qeyri-müəyyənlik aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

$$U_B(x_i) = \frac{b_i}{\sqrt{3}}. \quad (2.3.5)$$

Korelyasiya əmsalı $r(x_i, x_j)$ -u hesablamaq üçün qəbul edilmiş (x_{il}, x_{jl}) ölçmə cütlüyündən istifadə edilir (burada $l = 1, 2, \dots, n_{ij}, n_{ij}$ ölçmə nəticələrinin qəbul olunmuş cütlüklərinin sayıdır):

$$r(x_i, x_j) = \frac{\sum_{l=1}^{n_{ij}} (x_{il} - \bar{x}_i)(x_{jl} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{l=1}^{n_{ij}} (x_{il} - \bar{x}_i)^2 \cdot \sum_{l=1}^{n_{ij}} (x_{jl} - \bar{x}_j)^2}}. \quad (2.3.6)$$

$x_1, x_2, \dots, x_m$ - qeyri-korelyasiya qiymətləndirilməsi üçün standart qeyri-müəyyənliklərin cəmi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$U_c(Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 \cdot U^2(x_i)}. \quad (2.3.7)$$

$x_1, x_2, \dots, x_m$ - korelyasiya qiymətləndirilməsi üçün standart qeyri-müəyyənliklərin cəmi isə aşağıdakı düsturla hesablanır [8, s.39-41]:

$$U_c(Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 \cdot U^2(x_i) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \frac{\partial f}{\partial x_i} \cdot \frac{\partial f}{\partial x_j} \cdot r(x_i, x_j) \cdot U(x_i) \cdot U(x_j)}, \quad (2.3.8)$$

burada $r(x_i, x_j)$ - korelyasiya əmsalıdır, $U(x_i), U(x_j)$ - isə i və j giriş kəmiyyətlərinin A və B tipli üsullarla hesablanmış standart qeyri-müəyyənlikləridir.

Xalis həcmnin hesablanmasında qeyri-müəyyənlik yalnız qurğu və cihazların qanunauyğun fəaliyyətindən deyil, həm də proseslərin yerinə yetirilməsindən asılıdır. Neft məhsulu xam neft üçün səviyyənin və temperaturun ölçülməsinin qeyri-müəyyənliyi aşağıdakı tipik 5900S, 5900C, 5300/5400 konfigurasiyaları arasında fərqi müqayisə etmək üçün nümunəyə baxaq:

Xam neft; sıxlığı 887 kg/m^3 ; məhsul temperaturu 20°C ; rezervuarın hündürlüyü 10 m; rezervuarın diametri 15 m; il ərzində tam doldurulmuş rezervuarların sayı 12; il ərzində buraxılmaların sayı 24; ətraf mühitin temperaturu $5 - 35^\circ\text{C}$. Bu şərtlər daxilində tipik ölçmə dəqiqliyi aşağıdakı kimidir:

Cədvəl 2.3.1.

A və B tipli qeyri-müəyyənliklərin hesablanmış qiymətləri

<i>Temperatur (20-25)</i>	<i>Təzyiq (5-8)</i>	<i>Səviyyə (14-20)</i>
20.400	5.124	14.50
20.800	5.900	14.700
21.300	6.100	15.700
21.700	6.550	15.880
22.600	6.800	15.900
22.900	7.000	16.00
23.500	7.344	16.100
23.880	7.455	16.80
24.110	7.800	17.00
24.500	7.900	17.90
UA= 0.46	UA= 0.28	UA= 0.32

5900S səviyyəölçəni üçün: ± 1 mm, $0,17^{\circ}\text{C}$; 5900C səviyyəölçəni üçün: ± 3 mm, $0,17^{\circ}\text{C}$; 5300/5400 səviyyəölçəni üçün: ± 10 mm, $1,2^{\circ}\text{C}$; mexaniki lentdən və üzgəclərdən ibarət ənənəvi sistem: 25 mm, $1,5^{\circ}\text{C}$.

Yanacaqın ölçü standartları üzrə TPI parametrlərinə uyğun olaraq, səviyyənin və temperaturun qeyri-müəyyənliklərini nəzərə alaraq litrlərdə həcmnin ümumi qeyri-müəyyənliyi cədvəl 2.3.2-də göstərilmişdir. Beləliklə, 5900S konfigurasiyası bu nümunədə həcmnin qeyri-müəyyənliyini 5300/5400 üzrə konfigurasiyayla müqayisədə 90%-ə qədər təxminən azaldır. Bundan əlavə, 5300/5400 konfigurasiyası həcmnin qeyri-müəyyənliyini mexaniki üzən lentli sistemlə müqayisədə təxminən 50% azaldır.

Nəticələrin konkret istifadə üçün hesablanmasına baxmayaraq, bu qiymət ölçüsündən asılı olmayaraq istənilən karbohidrogen saxlama rezervuarı üçün doğrudur.

Cədvəl 2.3.2.

Litrlərlə (barellə) həcmnin qeyri-müəyyənliyinin müqayisəsi

	5900S	5900C	5300/5400	Lent və üzgəc
Əmtəə ehtiyatı (1)	263 (1.7)	648 (4.1)	2229 (14.0)	4732 (29.8)
Buraxılma hissəsi üçün (1)	304 (1.9)	891 (5.6)	2778 (17.5)	6429 (40.4)
İl ərzində ümumi qeyri-müəyyənlik (1) (2)	2403 (15.1)	6615 (41.6)	21332 (134.2)	47891 (301.2)

II fəslin nəticələri:

1. Neft bazalarında rezervuar parkının kommersiya uçotu və idarə edilməsi üçün ölçmə sistemlərinin təhlili aparılmışdır. RAPTOR, TRL2 və EMMERSON simli və simsiz texnologiyalara əsaslanan Rosemount kommersiya uçotu üçün ölçmə və idarəetmə sistemlərinin fəaliyyəti təhlil edilmiş, neft məhsullarının həcmi,

kütləsi, saxlanması və köçürülməsi parametrlərinin qiymətləndirilməsi araşdırılmışdır. Simsiz Smart Wireless texnologiyaya əsaslanan Rosemount ölçmə və idarəetmə sisteminin üstünlükləri göstərilmiş, kommersiya və inventar uçotu üçün məhsulun paylanması, balans məlumatları, əməliyyatlara nəzarət, sızmaların və daşmaların aşkarlanması, ölçülməsi və hesablanması dəqiqlikləri verilmişdir.

2. Neft və neft məhsulunun cari sıxlığının avtomatlaşdırılmış hesablanması alqoritmi təklif edilmiş və işlənmişdir. İşlənmiş alqoritm tətbiqi ilə sınaq olunan neft məhsulunun nisbi sıxlıq diapazonu və diapazona uyğun temperatur düzləndiricisinin avtomatlaşdırılmış hesablanması neft məhsulunun cari sıxlığının verilmiş dəqiqliyə uyğunluğunu təmin edir. İşlənmiş proqram əsasında kompüter eksperimentləri aparılmış, sınaq olunan neft məhsullarının hesablanmış cari qiymətləri cədvəl 2.7.9-da verilmişdir.

3. Rezervuar parkının kommersiya uçotu üçün ölçmələrin qeyri-müəyyənliklərinin sistemləşdirilməsi və hesablanması üsulları verilmişdir. Göstərilmişdir ki, rezervuar parkının kommersiya uçotu üçün neft məhsullarının əsas parametrlərinin ölçülməsi prosesinin qeyri-müəyyənlikləri standart, statistik (*A tipli qeyri – müəyyənlik*) və dinamik (*B tipli qeyri – müəyyənlik*) kimi sistemləşdirilir. Standart *A tipli* və *B tipli* qeyri-müəyyənliklərin hesablanması alqoritmi verilmiş, sınaq olunan neft məhsulları üçün qeyri-müəyyənliklər hesablanmışdır.

III FƏSİL. QEYRİ MÜƏYYƏN MÜHİTDƏ NEFT MƏHSULLARININ TEMPERATURUNUN TƏNZİMLƏNMƏSİ VƏ SİXLİYİNİN TƏYİNİ ÜÇÜN QƏRAR QƏBULU MODELLƏRİ

3.1. Rezervuarda neft məhsulunun temperaturunun təyini modeli

Neft məhsullarının rezervuarda saxlanması zamanı əsasən aşağıdakı parametrlər dəyişir [9, s. 426-427, 22, s. 110-120]:

1. temperatur - ətraf mühitin temperaturunun sutkalıq temperatur normasına uyğun olaraq dəyişməsi və ya soyuq fəsillərdə neftin qızdırılması nəticəsində;
2. sıxlıq - yüngül fraksiyaların buxarlanması nəticəsində;
3. səviyyə - buxarlanma, temperatur və sıxlığın dəyişməsi nəticəsində;
4. təzyiq - qaz məkanında təzyiqin artması zamanı.

Neft məhsullarının sıxlığı neftedensimetrin (areometrin) köməyi ilə müəyyən edilir [31, s.63]. Bunun üçün nümunə qabının köməyi ilə neft məhsulu götürülür və neftedensimetr həmin qabın içərisinə yerləşdirilir. Neftedensimetrin yuxarı şkalası neft məhsulunun sıxlığını, aşağı şkalası isə neft məhsulunun temperaturunu göstərir. Neft məhsullarının sıxlığını rezervardakı neft məhsullarının temperaturunu bilərək, hesablama yolu ilə də müəyyən etmək olar. Müəyyən bir temperaturda neft məhsulunun axtarılan sıxlığı, neft məhsulunun 20°C -dəki sıxlığı və temperatur 1°C dəyişdikdə neft məhsulunun sıxlığının dəyişməsi üçün istilik düzləndiricisi ilə təyin edilir [20, s.12, 50, s.30, 29, s.57]. Bu zaman izafi təzyiqin parametrləri və neft məhsullarının səviyyəsinin hündürlüyü nəzərə alınmır. Neft məhsullarının sıxlığının müəyyən edilməsinin müasir metodlarının yaradılması üçün rezervuarlarda müxtəlif prosesləri təsvir edən riyazi modellərin işlənilib hazırlanması və dəqiqləşdirilməsi lazım gəlir.

Bu isə müasir kompüter texnologiyaları və süni intellekt metodları əsasında neft məhsullarının temperaturunun, sıxlığının təyin edilməsi üçün rezervuarda müxtəlif proseslərin dəyişdirilməsini təsvir edən riyazi modellərin işlənilməsini zəruri edir. Odur ki, işlənmiş empirik və ekspert modellər eksperimentlərlə

simulyasiya şərtləri daxilində alınan yeni təcrübi verilənlərin alınmasını, toplanmasını, dürüsləşdirilməsini və tamamlanmasını təmin etməlidir. Bu baxımdan yeni hesablama və informasiya texnologiyalarından, modelləşdirmə aparatlarından və süni intellekt texnologiyalarından istifadə olunmaqla qeyri-müəyyən mühitdə neft məhsullarının temperaturunun, sıxlığının təyini və hesablanması modellərinin işlənməsi aktual elmi-texniki məsələdir [48, s.10, 71, s.11].

Qeyri-müəyyən şəraitdə rezervuarda neft məhsulunun temperaturunun təyini modeli qeyri-səlis Petri şəbəkəsi (QSPŞ) şəklində təsvir edilir [51, s.44, 56, s.20, 59, s.29-35]:

$$C = (P, T, I, O, \mu),$$

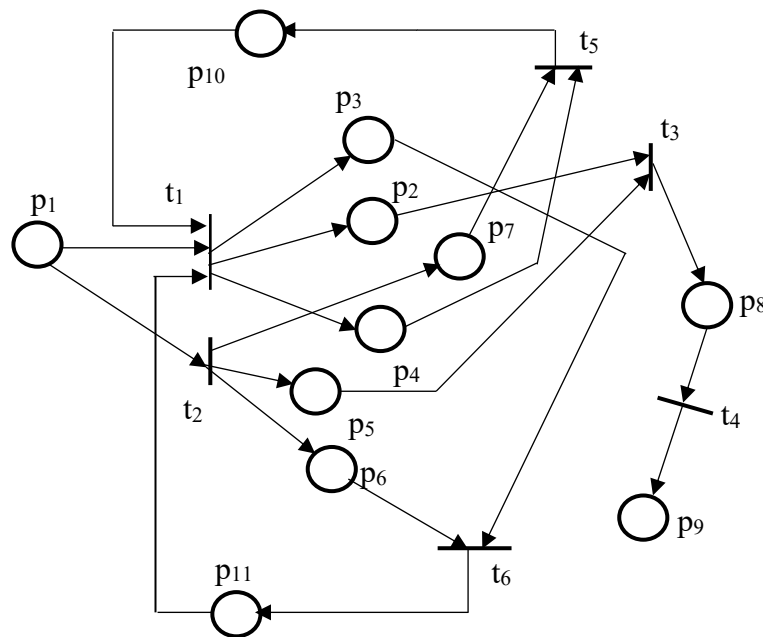
burada $P = \{p_i\}$ ($i = 1, \dots, n$; n – mövqelərin sayı) - qeyri-səlis mövqələr çoxluğu; $T = \{t_j\}$ ($j = 1, \dots, m$; m – keçidlərin sayı) - qeyri-səlis keçidlər çoxluğu; $I: P \times T \rightarrow (0,1,2, \dots)$; $O: T \times P \rightarrow (0,1,2, \dots)$ - uyğun olaraq giriş və çıxış insidentlik funksiyalarıdır; $\mu: P \rightarrow [0,1]$ - hər bir P_i mövqəsinə markerləmənin $\mu(P_i)$ paylama funksiyasının mənsubluq dərəcəsini mənimsədən inikasdır [24, s. 109-121].

Rezervuarda saxlanılan və buraxılan neft məhsullarının texnoloji prosesinin idarəedilməsi üçün məhsulun temperaturunun təyini modeli qeyri-səlis Petri şəbəkəsi şəklində işlənmiş, şəbəkənin mövqe və keçidlər çoxluğu təyin edilmişdir [17, s.13-15]. Rezervuarda saxlanılan neft məhsullarının temperaturunu təyin etmək üçün QSPŞ-nin qraf-modeli şəkil 3.1.1-də verilmişdir [67, s.11].

Mövqələr çoxluğu: p_1 - neft məhsulunun saxlanılması üçün rezervuar; p_2 - neft məhsulunun temperaturu diapazonu həddə uyğundur; p_3 - neft məhsulunun temperaturu diapazonu həddən aşağıdır; p_4 - neft məhsulunun temperaturu diapazonu həddən yuxarıdır; p_5 - neft məhsulunun səviyyəsinin hündürlüyü diapazonu həddə uyğundur; p_6 - neft məhsulunun səviyyəsinin hündürlüyü diapazonu həddən aşağıdır; p_7 - neft məhsulunun səviyyəsinin hündürlüyü diapazonu həddən yuxarıdır; p_8 - neft məhsulunun sıxlığı diapazonu həddə uyğundur; p_9 - neft

məhsulunun buraxılması kolonu (sütunu); p_{10} - neft məhsulunun rezervuarda qızdırılması; p_{11} - neft məhsulunun rezervuarda soyudulması.

Keçidlər çoxluğu: t_1 - rezervuarda neft məhsulunun temperaturunun təyin edilməsi; t_2 - rezervuarda neft məhsulunun səviyyəsinin hündürlüyünün təyin edilməsi; t_3 - rezervuarda neft məhsulunun sıxlığının təyin edilməsi; t_4 - neft məhsulunun buraxılması prosesinin icrası; t_5 - elektrik qızdırıcısının ventilinə bir qədər sol küncə nizamlanması; t_6 - elektrik qızdırıcısının ventilinə bir qədər sağ küncə nizamlanması.



Şəkil 3.1.1. Rezervuarda neft məhsulunun temperaturunun təyin olunmasının qraf modeli

Qeyri-müəyyənlik şəraitində, rezervuarda saxlanılan neft məhsullarının temperaturunun təyini modeli qeyri-səlis Petri şəbəkəsi şəklində işlənmişdir. Qeyri-səlis Petri şəbəkəsinin struktur elementləri matris şəklində təsvir olunmuş, şəbəkənin giriş, çıxış insidentlik matrisləri təyin edilmişdir.

Praktiki məsələləri həll edərkən, qeyri-səlis Petri şəbəkələrinin strukturunun matris şəklində təsvirindən istifadə etmək daha əlverişlidir. Qeyri-səlis Petri şəbəkəsinin giriş d_{ij}^- , çıxış d_{ij}^+ matrislərinin elementləri və insidentlik matrisi d_{ij} elementləri aşağıdakı kimi təyin edilir [51, s.57, 59, s.29-35, 87, s.67].

$$d_{ij}^- = \begin{cases} 1, \text{əgər } p_i \in I(t_j); \\ 0, \text{əgər } p_i \notin I(t_j); \end{cases}$$

$$d_{ij}^+ = \begin{cases} 1, \text{əgər } p_i \in O(t_j); \\ 0, \text{əgər } p_i \notin O(t_j); \end{cases}$$

$$d_{ij} = \begin{cases} -1, \text{əgər } p_i \in I(t_j) \text{ və } p_i \notin O(t_j); \\ 1, \text{əgər } p_i \notin I(t_j) \text{ və } p_i \notin O(t_j); \\ 0, \text{əgər } p_i \in I(t_j) \text{ və } p_i \in O(t_j): \end{cases}$$

Qeyri-səlis Petri şəbəkəsi şəklində işlənmiş rezervuarda neft məhsulunun temperaturun təyini modelinin giriş və çıxış insidentlik funksiyaları uyğun olaraq D^- və D^+ matrisləri ilə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$D^- = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix},$$

$$D^+ = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix},$$

İnsidentlik matrisinin elementləri aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$d_{ij} = d_{ij}^+ - d_{ij}^-; \quad i = \overline{1,11}; \quad j = \overline{1,6}.$$

QSPŞ şəbəkəsi şəklində işlənmiş modelin insidentlik matrisi aşağıdakı kimidir:

$$D = \begin{vmatrix} -1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

Şəbəkə modelinin ilkin markerləmə vektorları aşağıdakı şəklində verilir:

$$\begin{aligned}\mu(0;1) &= (1.000 \ 0.000); \mu(0;2) = (1.000 \ 0.000); \mu(0;3) = (1.000 \ 0.000); \\ \mu(0;4) &= (0.000 \ 0.400 \ 0.600); \mu(0;5) = (0.200 \ 0.300 \ 0.500); \\ \mu(0;6) &= (0.000 \ 0.100 \ 0.000 \ 0.900); \mu(0;7) = (0.200 \ 0.500 \ 0.300); \\ \mu(0;8) &= (0.000 \ 0.100 \ 0.300 \ 0.600); \mu(0;9) = (0.300 \ 0.000 \ 0.000 \ 0.700); \\ \mu(0;10) &= (1.000 \ 0.000); \mu(0;11) = (1.000 \ 0.000).\end{aligned}$$

Alqoritm əsasında [25, s. 34-39, 62, s.296-298] Qram matrisinin elementləri və qeyri-səlis Petri şəbəkəsinin diaqonal uyğunluq vektorunun elementləri hesablanır. Kompüter eksperimenti nəticəsində μ_0 başlanğıc markerləməsindən keçidlərin $\tau_1 = (t_1, t_2, t_3, t_4)$, $\tau_2 = (t_1, t_5, t_1)$, $\tau_3 = (t_2, t_6, t_2)$ yerinə yetirilməsi ardıcılığı alınmışdır.

İlkin μ_0 markerləşməsindən $\tau_1 = (t_1, t_2, t_3, t_4)$ ardıcılığı ilə keçidlərinin işlənməsi zamanı şəbəkənin aşağıdakı yeni markerləməsi vektorları alınmışdır.

t_1 keçidinin işlənməsi zamanı alınmış yeni markerləmə:

$$\begin{aligned}\mu(1;1) &= (1.000 \ 0.000); \mu(1;2) = (0.300 \ 0.700); \mu(1;3) = (0.200 \ 0.800); \\ \mu(1;4) &= (0.100 \ 0.200 \ 0.400); \mu(1;5) = (0.400 \ 0.600); \\ \mu(1;6) &= (0.100 \ 0.100 \ 0.000 \ 0.800); \mu(1;7) = (0.500 \ 0.500); \\ \mu(1;8) &= (0.100 \ 0.300 \ 0.600); \mu(1;9) = (0.200 \ 0.100 \ 0.000 \ 0.700); \\ \mu(1;10) &= (0.500 \ 0.500); \mu(1;11) = (1.000 \ 0.000).\end{aligned}$$

t_2 keçidinin işlənməsi zamanı alınmış yeni markerləmə:

$$\begin{aligned}\mu(2;1) &= (1.000 \ 0.000); \mu(2;2) = (0.300 \ 0.700 \ 0.000); \mu(2;3) = \\ &= (0.100 \ 0.000); \mu(2;4) = (0.000 \ 0.400 \ 0.600); \mu(2;5) = (0.500 \ 0.500); \\ \mu(2;6) &= (0.000 \ 0.100 \ 0.000 \ 0.900); \mu(2;7) = (0.100 \ 0.400 \ 0.500); \\ \mu(2;8) &= (0.200 \ 0.100 \ 0.300 \ 0.300); \mu(2;9) = (0.300 \ 0.000 \ 0.100 \ 0.600); \\ \mu(2;10) &= (1.500 \ 0.500); \mu(2;11) = (1.000 \ 0.000).\end{aligned}$$

t_3 keçidinin işlənməsi zamanı alınmış yeni markerləmə:

$$\begin{aligned}\mu(3;1) &= (0.200 \ 0.700 \ 0.100); \mu(3;2) = (1.000 \ 0.000); \\ \mu(3;3) &= (0.100 \ 0.000); \mu(3;4) = (0.400 \ 0.600); \\ \mu(3;5) &= (0.200 \ 0.500 \ 0.300); \mu(3;6) = (0.000 \ 0.200 \ 0.000 \ 0.800); \\ \mu(3;7) &= (0.100 \ 0.300 \ 0.600); \mu(3;8) = (0.200 \ 0.100 \ 0.300 \ 0.400); \\ \mu(3;9) &= (0.300 \ 0.000 \ 0.000 \ 0.700); \mu(3;10) = (1.000 \ 0.000);\end{aligned}$$

$$\mu(3; 11) = (0.500 \ 0.500).$$

t_4 keçidinin işlənməsi zamanı alınmış yeni markerləşmə:

$$\begin{aligned}\mu(4; 1) &= (1.000 \ 0.000); \mu(4; 2) = (0.300 \ 0.700 \ 0.000); \mu(4; 3) = \\ &= (0.100 \ 0.000); \mu(4; 4) = (0.000 \ 0.400 \ 0.600); \mu(4; 5) = (0.500 \ 0.500); \\ \mu(4; 6) &= (0.000 \ 0.100 \ 0.000 \ 0.900); \mu(4; 7) = (0.100 \ 0.400 \ 0.500); \\ \mu(4; 8) &= (0.200 \ 0.100 \ 0.300 \ 0.300); \mu(4; 9) = (0.300 \ 0.000 \ 0.100 \ 0.600); \\ \mu(4; 10) &= (1.500 \ 0.500); \mu(4; 11) = (1.000 \ 0.000).\end{aligned}$$

$\tau_2 = (t_1, t_5, t_1)$ keçidlər ardıcılığının yerinə yetirilməsi nəticəsində aşağıdakı yeni markerləşmə vektorları alınmışdır:

t_1 keçidinin işlənməsi zamanı alınan yeni markerləşmə:

$$\begin{aligned}\mu(1; 1) &= (1.000 \ 0.000); \mu(1; 2) = (1.000 \ 0.000); \mu(1; 3) = (0.500 \ 0.500); \\ \mu(1; 4) &= (0.400 \ 0.000 \ 0.600); \mu(1; 5) = (0.200 \ 0.500; 0.300); \\ \mu(1; 6) &= (0.000 \ 0.100 \ 0.000 \ 0.900); \mu(1; 7) = (0.500 \ 0.300 \ 0.200); \\ \mu(1; 8) &= (0.100 \ 0.300 \ 0.600); \mu(1; 9) = (0.300 \ 0.000 \ 0.0000 \ 0.700); \\ \mu(1; 10) &= (0.500 \ 0.500 \ 0.000); \mu(1; 11) = (1.000 \ 0.000).\end{aligned}$$

t_5 keçidinin işlənməsi zamanı alınan yeni markerləşmə:

$$\begin{aligned}\mu(5; 1) &= (0.500 \ 0.000 \ 0.500); \mu(5; 2) = (0.000 \ 0.500 \ 0.500); \\ \mu(5; 3) &= (0.500 \ 0.500 \ 0.000); \mu(5; 4) = (0.100 \ 0.500 \ 0.400); \\ \mu(5; 5) &= (0.300 \ 0.500 \ 0.200); \mu(5; 6) = (0.100 \ 0.000 \ 0.900); \\ \mu(5; 7) &= (0.300 \ 0.500 \ 0.200); \mu(5; 8) = (0.100 \ 0.300 \ 0.500 \ 0.100); \\ \mu(5; 9) &= (0.700 \ 0.000 \ 0.300); \mu(5; 10) = (0.500 \ 0.500); \\ \mu(5; 11) &= (0.500 \ 0.000 \ 0.500).\end{aligned}$$

t_5 keçidi yerinə yetirildikdən sonra t_1 keçidi icra üçün hazırlanır.

$\tau_3 = (t_2, t_6, t_2)$ keçidlər ardıcılığının yerinə yetirilməsi nəticəsində aşağıdakı yeni markerləşmə vektorları alınmışdır.

t_2 keçidinin işlənməsi zamanı alınan yeni markerləşmə:

$$\begin{aligned}\mu(2; 1) &= (0.1000 \ 0.000); \mu(2; 2) = (0.500 \ 0.500 \ 0.000); \\ \mu(2; 3) &= (1.000 \ 0.000); \mu(2; 4) = (0.400 \ 0.600 \ 0.000); \\ \mu(2; 5) &= (0.200 \ 0.300 \ 0.500); \mu(2; 6) = (0.100 \ 0.000 \ 0.200 \ 0.700);\end{aligned}$$

$\mu(2; 7) = (0.500 \ 0.200 \ 0.300); \mu(2; 8) = (0.100 \ 0.500 \ 0.300 \ 0,100);$
 $\mu(2; 9) = (0.000 \ 0.300 \ 0.000 \ 0.700); \mu(2; 10) = (0.500 \ 0.500);$
 $\mu(2; 11) = (0.1000 \ 0.000).$

t_6 keçidinin işlənməsi zamanı alınan yeni markerləşmə:

$\mu(6; 1) = (0.500 \ 0.500); \mu(6; 2) = (1.000 \ 0.000); \mu(6; 3) = (0.500 \ 0.500);$
 $\mu(6; 4) = (0.500 \ 0.400 \ 0.100); \mu(6; 5) = (0.300 \ 0.200 \ 0.500);$
 $\mu(6; 6) = (0.100 \ 0.200 \ 0.500 \ 0.200); \mu(6; 7) = (0.300 \ 0.500 \ 0.200);$
 $\mu(6; 8) = (0.100 \ 0.300 \ 0.200 \ 0,400); \mu(6; 9) = (0.300 \ 0.500 \ 0.100 \ 0.100);$
 $\mu(6; 10) = (0.500 \ 0.500); \mu(6; 11) = (0.500 \ 0.500).$

t_6 keçidi yerinə yetirildikdən sonra t_2 keçidi icra üçün həyəcanlanır.

Şəbəkənin diaqonal bükümü vektoru və Qram matrisinin elementləri hesablanmış və keçidlərin yerinə yetirilməsi qaydası təyin edilmişdir [60, s. 25-30, 93, s.240]. Kompüter eksperimenti nəticəsində ilkin markerləşmədə keçidlərin işlənməsi ardıcılığı əldə edilmişdir.

3.2. Rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi üçün qərar qəbuletmə modeli

Rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi, məhsulun keyfiyyətini qorumaq, saxlama şəraitini optimallaşdırmaq və təhlükəsizlik baxımından əhəmiyyətli bir prosesdir [59, s.29-35]. Temperaturun düzgün tənzimlənməsi, neftin sıxlığını və viskozitesini müvafiq səviyyədə saxlayır, bu da onun daşınmasını, emalını və istifadəsini asanlaşdırır. Bu məqsədlə qərar qəbuletmə mexanizmləri tətbiq edilir, çünki temperaturun idarə edilməsi, çoxsaylı dəyişənlərə bağlıdır və kompüterləşdirilmiş texnologiyalarla bu prosesi effektiv şəkildə izləmək mümkündür.

Qərar qəbuletmə modelinin əsas məqsədi rezervardakı temperaturu təyin edən faktorları nəzərə alaraq, optimal temperatur aralığını təmin etməkdir. Bu faktorlar arasında xarici hava şəraiti, məhsulun növü, rezervuarın xüsusiyyətləri və saxlama müddəti yer alır. Modelin tərtibində, həmçinin, temperaturun artması və ya azalması

nəticəsində baş verən proseslərin təsirini də hesaba almaq lazımdır. Bu məsələləri nəzərə alaraq, temperatur tənzimləməsi üçün ən uyğun metod seçilir.

Modelin qurulmasında informasiya real zaman ərzində yığılır və təhlil edilir. Temperatur sensorları və digər ölçmə cihazları vasitəsilə məlumatlar ötürülür və bu məlumatlar mərkəzi idarəetmə sisteminə daxil olur. Sistem, bu məlumatları təhlil edərək, temperaturun yüksəlməsi və ya enməsinə nəzərə alır və onları tənzimləyir. Məsələn, əgər temperatur yüksəkdirsə, soyutma sistemləri aktivləşdirilir, aşağı olduqda isə istilik sistemləri işə salınır.

Qərar qəbuletmə modeli həmçinin enerji sərfiyyatını minimallaşdırmağa yönəlmişdir. Belə ki, temperaturun tənzimlənməsi üçün ən uyğun enerji mənbələri seçilərək, enerji istehlakı optimallaşdırılır. Model, enerji sərfiyyatını azaldan və eyni zamanda məhsulun keyfiyyətini qoruyan məsələlər formalaşdırır, həm də xərcləri azaldır və əməliyyatların səmərəliliyini artırır [59, s.29-35].

İnformasiyanın toplanması və analizi nəticəsində modellər zamanla daha da təkmilləşir. Maşın öyrənməsi və süni intellekt alqoritmləri, sistemin təcrübələrdən öyrənərək daha düzgün qərarlar qəbulunu reallaşdırır. Belə yanaşma, rezervuarın temperaturunu daha dəqiq və sürətli şəkildə tənzimləməyə imkan verir. Nəticədə, sistemin adaptasiya qabiliyyəti artır və daha mürəkkəb şəraitlərdə də optimal idarəetmə təmin edilir.

İşin təhlükəsizliyi də modelin ən mühüm hissəsidir. Fövqəladə vəziyyət baş verdikdə, məsələn, temperatur normal həddini aşarsa, sistem dərhal xəbərdarlıq edir və tədbirlər görməyə başlayır. Bu, yanğın, məhsulun keyfiyyətinin pisləşməsi və digər təhlükəli vəziyyətlərin qarşısını alır.

Nəticə etibarilə, rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi üçün qərar qəbuletmə modeli, daha təhlükəsiz, səmərəli və ekonomik idarəetməni reallaşdırır. Modelin tətbiqi, istər enerji sərfiyyatının optimallaşdırılması, istərsə də məhsulun keyfiyyətinin qorunması baxımından vacibdir. Bütün bu faktorlar bir araya gələrək, neft bazalarında əməliyyatların daha stabil və dayanıqlı səviyyədə olmasını səciyyələndirir. Modelin avtomatlaşdırılması, insan müdaxiləsini minimuma endirərək, əməliyyatları daha etibarlı və dinamik edir.

Qeyri-səlis produksiya qaydalar bazasının lingvistik dəyişənlərinin fəzəffəzasiyası. Fəzəffəzasiyanın məqsədi məntiqi nəticə çıxarma sisteminin dəyişənlərinin qiymətləri ilə giriş lingvistik dəyişənlərinin uyğun mənsubluq funksiyalarının termlər çoxluğuna daxil olan termlərin konkret qiymətləri arasındakı uyğunluğun təyin edilməsidir [15, s.11-16, 34, s.50].

Bu prosedur başa çatdıqdan sonra, bütün giriş dəyişənləri üçün qeyri-səlis çıxış sisteminin qaydalar bazasının şərtləri altında istifadə olunan lingvistik termlərin hər biri üçün mənsubiyyət funksiyalarının xüsusi qiymətləri müəyyən edilməlidir.

Fəzəffəzasiya proseduru aşağıdakı kimi həyata keçirilir: bu proses başlamazdan əvvəl bütün giriş dəyişənlərin qiymətləri məlum olmalıdır, yəni qiymətlər $V = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ şəklində verilməlidir, burada hər bir $a_i \in X_i$. Sonra məntiqi nəticə çıxarma mexanizminin $\langle\langle A_i\text{-nin qiyməti } \alpha - \text{ya bərabərdirsə} \rangle\rangle$ qaydalarına baxılır, burada α -mənsubluq funksiyası $\mu(x)$ məlum olan hər hansı qiymətdir. a_i qiymətləri $\mu(x)$ mənsubluq funksiyasının $b'_i = \mu(a_i)$ kəmiyyət qiymətləri kimi istifadə edilir, və $\langle\langle A_i\text{-nin qiyməti } \alpha - \text{ya bərabərdirsə} \rangle\rangle$ alt şərtinin fəzəffəzasiyasından sonra alınmış qiymətləridir [72, s-100, 73, s.104]. Fəzəffəzasiya proseduru o vaxt tamamlanmış hesab edilir ki, qeyri-səlis nəticə çıxarma sisteminin qaydalar bazasına daxil olan bütün qaydaların alt şərtlərinin $b'_i = \mu(a_i)$ qiymətləri hesablanmış olsun [83, 315-320].

Qaydalar bazasının lingvistik dəyişənlərinin aqreqasiyası. Aqreqasiya proseduru qeyri-səlis çıxış sistemi qaydalarının hər biri üçün şərtlərin doğruluq dərəcəsini müəyyən edir. Aqreqasiya prosedurunun yerinə yetirərkən, qeyri-səlis çıxış sisteminin bütün şərtlərinin doğruluq qiymətlərinin məlum olduğu ehtimal olunur. Buna görə də, qeyri-səlis konyunksiya və qeyri-səlis dizyunksiya nəticələrini təyin etmək üçün hesablama düsturlarından istifadə edərkən, qeyri-səlis produksiya sisteminin bütün qaydaları üçün cüt-cüt uyğun hesablama metodlarından istifadə etmək məsləhət görülür. Qeyri-səlis çıxış sistemində qeyri-səlis konyunksiyanın nəticəsi məntiqi vurma düsturu ilə təyin edilirsə, qeyri-səlis dizyunksiyanın nəticəsini müəyyən etmək üçün məntiqi toplanmadan istifadə etmək məqsədə uyğundur.

Aktivizasiya qeyri-səlis çıxış sistemlərində, qeyri-səlis produksiya qaydalarının alt şərtlərinin hər birinin doğruluq dərəcəsini təyin etmək üçün prosedurdur. Bu halda, qeyri-səlis çıxış sistemi qaydalar bazasının formalaşdırılması mərhələsində hər bir qayda üçün çəki əmsalları təyin olunur. Əgər çəki əmsalları aşkar şəkildə verilməzsə, onun qiyməti vahidə bərabər qəbul edilir. Çəki əmsalının ayrı-ayrı alt nəticələr üçün fərdi qaydada verilməsi istisna edilmir, bu halda aktivizasiya proseduru əvvəlki qaydada aparılır.

Akkumulyasiya qeyri-səlis çıxış sistemində çıxış linqvistik dəyişənlərinin hər biri üçün mənsubiyyət funksiyasının tapılması prosedurudur. Akkumulyasiyanın məqsədi, çıxış dəyişənlərinin hər birinin mənsubiyyət dərəcəsi funksiyasını təyin etmək üçün alt nəticələrin bütün doğruluq dərəcələrini birləşdirməkdir. Bu proseduru yerinə yetirməkdə məqsəd, eyni çıxış linqvistik dəyişəninə aid olan alt nəticələrin qeyri-səlis çıxış sisteminin fərqli qaydalarına aid olmasıdır. Qeyri-səlis çıxış sistemində defazzifikasiya çıxış linqvistik dəyişənlərin hər biri üçün qeyri-səlis qiymətin tapılması prosedurudur. Defazzifikasiyanın məqsədi qeyri-səlis çıxış sistemindən kənarda olan xüsusi qurğular tərəfindən istifadə edilə bilən hər bir çıxış dəyişəninin adi kəmiyyət qiymətini əldə etmək üçün bütün çıxış linqvistik dəyişənlərinin toplanması nəticələrindən istifadə etməkdir. Aqreqasiya prosesi qeyri-səlis məntiqi nəticə çıxarma sisteminin qaydalarının hər biri üçün şərtlərin doğruluq dərəcəsini müəyyənləşdirmək üçün bir prosedurdur [84, s. 44-46].

Aqreqasiya proseduru aşağıdakı kimi həyata keçirilir: bu prosesin başlamasından əvvəl, qeyri-səlis məntiqi nəticə çıxarma sisteminin bütün şərtlərinin doğruluq qiymətləri məlum olmalıdır [34, s.50, 77, s.110]. Əgər şərt bir neçə alt şərtədən ibarət olarsa ($\ll A_i - \text{nin qiyməti } a_i - \text{yə bərabərdirsə} \gg$) şərt daxilində linqvistik dəyişənlər bir-birinə cüt bərabər olmadıqda, məlum şərtlərin doğruluğuna əsaslanan mürəkkəb ifadənin doğruluğunun dərəcəsi müəyyən edilir. Bu halda qeyri-səlis konyuksiyanın və ya «VƏ» bağlayıcısının nəticəsini təyin etmək üçün aşağıdakı düsturdan istifadə olunur [55, s.50, 84, s.44-46]:

$$T((A \wedge B)) = \min\{T(A), T(B)\}$$

burada $T: A \rightarrow [0,1]$ və $T: B \rightarrow [0,1]$ - qeyri-səlis A və B ifadələrinin doğruluq dərəcəsinin qiymətidir.

Aktivizasiya prosesi qeyri-səlis produksiyalar qaydalarının hər bir nəticəsinin doğruluq dərəcəsinin tapılması prosedurunun əks etdirir. Aktivizasiya üçün qaydaların bütün şərtlərinin doğruluq dərəcəsi və onların çəki əmsalları məlum olmalıdır. Sonra bütün çıxış linqvistik dəyişənlərinin hər bir nəticəsinin mənsubiyyət funksiyaları təyin edilir. Bu məqsədlə qeyri-səlis kompozisiyanın min-aktivizasiyası metodundan istifadə edilmişdir [34, s.52, 83, s.315-320]:

$$\mu'(y) = \min[c_i, \mu(y)],$$

burada $\mu(y)$ - çıxış dəyişəninin term mənsubiyyət funksiyası Y universumunda verilmişdir.

Linqvistik çıxış dəyişən üçün akkumulyasiyanın nəticəsi qeyri-səlis çoxluqların birləşməsi kimi müəyyən edilir. Çıxış linqvistik dəyişənləri üçün defazzifikasiyanın nəticəsi bir nöqtəli çoxluqlar üçün ağırlıq mərkəzi metodundan istifadə etməklə kəmiyyət qiyməti kimi müəyyən edilir.

Rezervuarlarda neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi üçün qeyri-səlis məntiqi nəticə çıxarma qaydalarını formalaşdırmaq üçün aşağıdakı linqvistik dəyişənlər müəyyən edilir:

A - giriş linqvistik dəyişəni “*rezervuarda neft məhsulunun temperaturu*” və bu dəyişən üçün term çoxluq kimi $T_A = \{\text{aşağı həddə uyğundur; həddə uyğundur; yuxarı həddə uyğundur}\}$ çoxluqlarından istifadə olunur.

B - giriş linqvistik dəyişəni “*rezervuarda temperaturun dəyişmə sürəti*” və bu dəyişən üçün term çoxluq kimi $T_B = \{\text{mənfi; sıfır, müsbət}\}$ çoxluqlarından istifadə olunur.

C - çıxış linqvistik dəyişəni “*rezervuarın qızdırıcı tənzimləyicisinin ventili*” və bu dəyişən üçün term çoxluq kimi $T_C = \{\text{böyük sol küncə; kiçik sol küncə; olduğu kimi saxlamaq; kiçik sağ küncə; böyük sağ küncə}\}$ çoxluğundan istifadə olunur.

Qaydalar bazasına daxil olan giriş dəyişənləri “rezervuarda neft məhsulunun temperaturu”, “rezervuarda temperaturun dəyişmə sürəti” və “rezervuarın qızdırıcı

tənzimləyicisinin venteli” çıxış dəyişəninin term çoxluğunun fəzəfikasiyası üçün üçbucaq qeyri-səlis ədəd şəkilli mənsubluq funksiyasından istifadə edilir:

$$f_{\Delta}(x, x_1, x_2, x_3) = \begin{cases} 0, & \text{əgər } x \leq x_1; \\ \frac{x - x_1}{x_1 - x_2}, & \text{əgər } x_1 \leq x \leq x_2; \\ \frac{x_2 - x}{x_2 - x_3}, & \text{əgər } x_2 \leq x \leq x_3; \\ 0, & \text{əgər } x \geq x_3; \end{cases}$$

burada, $x_1, x_2, x_3 - x_1 \leq x_2 \leq x_3$ şərtini ödəyən modal ədədləridir.

Qeyri-səlis məntiqi nəticə çıxarma sisteminin qaydalar bazası aşağıdakı kimidir:

Qayda 1. ƏGƏR rezervuarda neft məhsulunun temperaturu aşağı həddə uyğundursa $[-20, -20, 15]$, VƏ rezervuarda temperaturun dəyişmə sürəti mənfidirsə $[-10, -10, -1]$, ONDA rezervuarın tənzimləyici ventilini böyük sağ küncə çəkmək lazımdır $[70, 90, 90]$;

Qayda 2. ƏGƏR rezervuarda neft məhsulunun temperaturu aşağı həddə uyğundursa $[-20, -20, 15]$, VƏ rezervuarda temperaturun dəyişmə sürəti sıfıra yaxındırsa $[-3, 0, 3]$, ONDA rezervuarın tənzimləyici ventilini kiçik sağ küncə çəkmək lazımdır $[50, 65, 80]$;

Qayda 3. ƏGƏR rezervuarda neft məhsulunun temperaturu aşağı həddə uyğundursa $[-20, -20, 15]$, VƏ rezervuarda temperaturun dəyişmə sürəti müsbətdirsə $[1, 10, 10]$, ONDA rezervuarın tənzimləyici ventilini kiçik sağ küncə çəkmək lazımdır $[50, 65, 80]$;

Qayda 4. ƏGƏR rezervuarda neft məhsulunun temperaturu həddə uyğundursa $[-9.814, 15.185, 40.185]$, VƏ rezervuarda temperaturun dəyişmə sürəti mənfidirsə $[-10, -10, -1]$, ONDA rezervuarın tənzimləyici ventilini olduğu kimi saxlamaq lazımdır $[40, 50, 60]$;

Qayda 5. ƏGƏR rezervuarda neft məhsulunun temperaturu həddə uyğundursa $[-9.814, 15.185, 40.185]$, VƏ rezervuarda temperaturun dəyişmə sürəti

sıfıra yaxındırsa $[-3, 0, 3]$, **ONDA** rezervuarın tənzimləyici ventilini olduğu kimi saxlamaq lazımdır $[20, 35, 50]$;

Qayda 6. **ƏGƏR** rezervuarda neft məhsulunun temperaturu həddə uyğundursa $[-9.814, 15.185, 40.185]$, **VƏ** rezervuarda temperaturun dəyişmə sürəti müsbətdirsə $[1, 10, 10]$, **ONDA** rezervuarın tənzimləyici ventilini olduğu kimi saxlamaq lazımdır $[40, 50, 60]$;

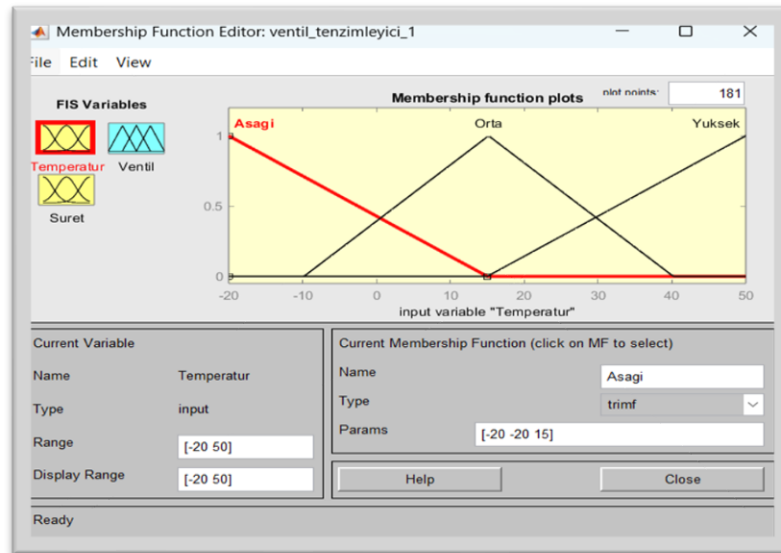
Qayda 7. **ƏGƏR** rezervuarda neft məhsulunun temperaturu yuxarı həddə uyğundursa $[15, 50, 50]$, **VƏ** rezervuarda temperaturun dəyişmə sürəti mənfidirsə $[-10, -10, -1]$, **ONDA** rezervuarın tənzimləyici ventilini kiçik sol küncə çəkmək lazımdır $[20, 35, 50]$;

Qayda 8. **ƏGƏR** rezervuarda neft məhsulunun temperaturu yuxarı həddə uyğundursa $[15, 50, 50]$, **VƏ** rezervuarda temperaturun dəyişmə sürəti sıfıra yaxındırsa $[-3, 0, 3]$, **ONDA** rezervuarın tənzimləyici ventilini kiçik sol küncə çəkmək lazımdır $[20, 35, 50]$;

Qayda 9. **ƏGƏR** rezervuarda neft məhsulunun temperaturu yuxarı həddə uyğundursa $[15, 50, 50]$, **VƏ** rezervuarda temperaturun dəyişmə sürəti müsbətdirsə $[1, 10, 10]$, **ONDA** rezervuarın tənzimləyici ventilini böyük sol küncə çəkmək lazımdır $[0, 0, 30]$.

A linqvistik dəyişənin şərtlərinin fəzifikasiyası üçün $X = [-20, 50]$ universiumunda üçbucaq qeyri-səlis ədəd mənsubiyyət funksiyası (şəkil 3.2.1) seçilmiş və aşağıdakı qeyri-səlis çoxluqlar təyin edilmişdir [əlavə 1]:

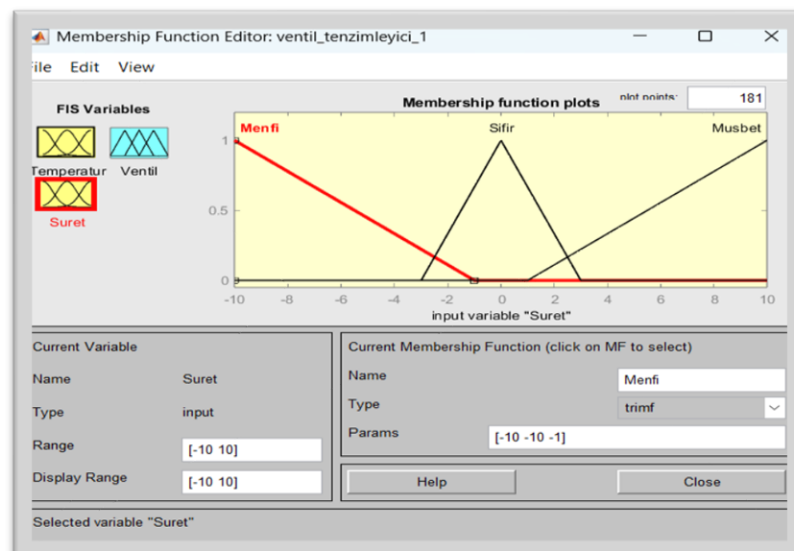
$\widetilde{A}_1 = [-20, -20, 15]$ - aşağı həddə uyğundur; $\widetilde{A}_2 = [-9.814, 15.185, 40.185]$ - həddə uyğundur; $\widetilde{A}_3 = [15, 50, 50]$ - yuxarı həddə uyğundur.



Şəkil 3.2.1. Rezervuarda neft məhsulunun temperaturu giriş linqvistik dəyişəninin mənsubiyyət funksiyasının qrafik təsviri

B linqvistik dəyişəninin şərtlərinin fəzzifikasiyası üçün $Y = [-10, 10]$ universiumunda üçbucaq qeyri-səlis ədəd mənsubiyyət funksiyası (şəkil 3.2.2) seçilmiş və aşağıdakı qeyri-səlis çoxluqlar təyin edilmişdir:

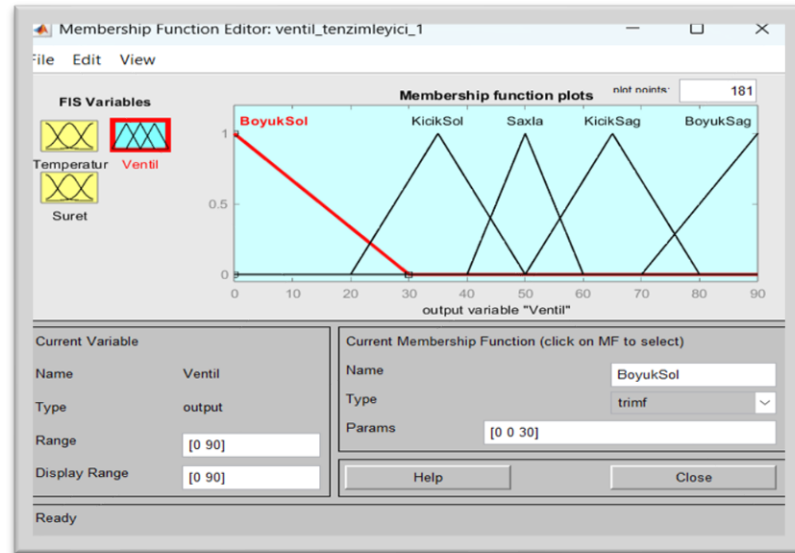
$\widetilde{B}_1 = [-10, -10, -1]$ - mənfi; $\widetilde{B}_2 = [-3, 0, 3]$ - sıfır, sıfıra yaxın; $\widetilde{B}_3 = [1, 10, 10]$ - müsbət.



Şəkil 3.2.2. Rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun dəyişmə sürəti giriş linqvistik dəyişəninin mənsubiyyəti funksiyasının qrafik təsviri

C linqvistik dəyişənin şərtlərinin fəzəfikasiyası üçün $C = [0, 90]$ universiumunda üçbucaq qeyri-səlis ədəd mənsubiyyət funksiyası (şəkil 3.2.3) seçilmiş və aşağıdakı qeyri-səlis çoxluqlar təyin edilmişdir:

$\widetilde{C}_1 = [0, 0, 30]$ - böyük sol küncə; $\widetilde{C}_2 = [20, 35, 50]$ - kiçik sol küncə; $\widetilde{C}_3 = [40, 50, 60]$ - olduğu kimi saxlamaq; $\widetilde{C}_4 = [50, 65, 80]$ - kiçik sağ küncə; $\widetilde{C}_5 = [70, 90, 90]$ - böyük sağ küncə.



Şəkil 3.2.3. Neft məhsulunun sıxlığı çıxış linqvistik dəyişənin mənsubluq funksiyasının qrafik təsviri

A linqvistik dəyişənin term çoxluğunun elementlərinə uyğun qeyri-səlis çoxluqlar aşağıdakı kimi təsvir edilir:

«Rezervuarda neft məhsullarının temperaturu» giriş linqvistik dəyişənin $(-20, 50)$ universiumunda fəzəfikasiyasının nəticələri

$\tilde{A}(x_1) = \{(1/-20), (0.857/-15), (0.714/-10), (0.571/-5), (0.428/0), (0.285/5), (0.142/10), (0/15)\}$; $\tilde{A}(x_2) = \{(0.785/-9.814), (0.400/0.186), (0.800/10.186), (0.799/20.186), (0.399/30.186), (0/40.185)\}$; $\tilde{A}(x_3) = \{(0/15), (0.142/20), (0.225/25), (0.425/30), (0.571/35), (0.714/40), (0.857/45), (0/50)\}$.

B linqvistik dəyişənin term çoxluğunun elementlərinə uyğun qeyri-səlis çoxluqlar aşağıdakı kimi təsvir edilir:

Rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun dəyişmə sürəti giriş

linqvistik dəyişəninin (-10, 10) universiumunda fuzzifikasiyasının nəticələri

$\tilde{B}(x_1) = \{(1/-10), (0.889/-9), (0.778/-8), (0.667/-7), (0.556/(-6)), (0.444/-5), (0.333/-4), (0.222/-3), (0.111/-2), (0/-1)\}; \tilde{B}(x_2) = \{(0/-3), (0.333/-2), (0.667/-1), (1/0), (0.667/1), (0.333/2), (0/3)\}; \tilde{B}(x_3) = \{(0/1), (0.111/2), (0.222/3), (0.333/4), (0.444/5), (0.556/6), (0.667/7), (0.778/8), (0.889/9), (1/10)\}.$

C linqvistik dəyişəninin term çoxluğunun elementlərinə uyğun qeyri-səlis çoxluqlar aşağıdakı kimi təsvir edilir:

Rezervuarda istilik tənzimləyicisi ventili çıxış linqvistik dəyişəninin defuzzifikasiyasının nəticələri (0 , 90)

$\tilde{C}(x_1) = \{(1/0), (0.5/15), (0/30)\}; \tilde{C}(x_2) = \{(0/20), (0.333/25), (0.667/30), (1/35), (0.667/40), (0.333/45), (0/50)\}; \tilde{C}(x_3) = \{(0/40), (0.5/50), (0/60)\}; \tilde{C}(x_4) = \{(0/50), (0.333/55), (0.667/60), (1/65), (0.667/70), (0.333/75), (0/80)\}; \tilde{C}(x_5) = \{(0/70), (0.5/80), (1/90)\}.$

Fuzzifikasiya proseduru yerinə yetirildikdən sonra, bütün giriş dəyişənləri üçün qeyri-səlis məntiqi nəticə çıxarma sisteminin qaydalar bazasının alt şərtlərinə daxil olan linqvistik termlərin hər biri üçün mənsubiyyət funksiyalarının xüsusi qiymətləri müəyyən edilir. Mamdani alqoritmindən istifadə edərək, giriş linqvistik dəyişənlərin hər biri üçün mənsubiyyət funksiyalarının xüsusi qiymətləri müəyyən edilir. Linqvistik dəyişənlərin termlərinin mənsubiyyət funksiyalarının qiymətləri nəzərə alınmaqla qaydalar bazasının bütün alt şərtləri hesablanır və aşağıdakı qiymətlər alınır:

$$\mu_{\tilde{A}_1}(x) = 0.285; \mu_{\tilde{A}_2}(x) = 0.600; \mu_{\tilde{A}_3}(x) = 0;$$

$$\mu_{\tilde{B}_1}(y) = 0.444; \mu_{\tilde{B}_2}(y) = 0; \mu_{\tilde{B}_3}(y) = 0.$$

Qeyri-səlis məntiqi nəticə çıxarma sisteminin hər bir qaydası üçün şərtlərin aqreqasiyası proseduru qeyri-səlis implikasiyadan istifadə etməklə reallaşdırılır. Hər bir produksiya qaydası üçün şərtlərin doğruluq dərəcəsi cədvəl 3.2.1-də öz əksini tapmışdır.

Cədvəl 3.2.1.

Aqreqasiya mərhələsinin nəticələri

<i>Produksiya</i>	<i>A dəyişəninin alt şərtlərinin doğruluq dərəcəsi</i>	<i>"Rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi" alt şərtlərində doğruluq dərəcəsi</i>	<i>Şərtlərin doğruluq dərəcəsi</i>
<i>Qayda 1.</i>	0.285	0.444	0.285
<i>Qayda 2.</i>	0.285	0.000	0.000
<i>Qayda 3.</i>	0.285	0.000	0.000
<i>Qayda 4.</i>	0.600	0.444	0.444
<i>Qayda 5.</i>	0.600	0.000	0.000
<i>Qayda 6.</i>	0.600	0.000	0.000
<i>Qayda 7.</i>	0.000	0.444	0.000
<i>Qayda 8.</i>	0.000	0.000	0.000
<i>Qayda 9.</i>	0.000	0.000	0.000

Aktivizasiya proseduru qeyri-səlis produksiya qaydalarının alt nəticələrinin hər birinin q_i ($i=1,9$) doğruluq dərəcəsini təyin edir. Bunun üçün alt nəticələrin doğruluq dərəcəsinin cəbri hasili və müvafiq qaydanın çəki əmsalı ilə yerinə yetirilir. Hər bir qayda üçün F_i çəki əmsalları vahidə bərabər hesab olunur. Aktivizasiya prosesinin nəticələri cədvəl 3.2.2-də verilmişdir.

Cədvəl 3.2.2.

Produksiya alt nəticələrinin doğruluq dərəcələri

Produksiyalar	Alt nəticələrin doğruluq dərəcəsi
<i>Qayda 1.</i>	0.285
<i>Qayda 2.</i>	0.000
<i>Qayda 3.</i>	0.000
<i>Qayda 4.</i>	0.444
<i>Qayda 5.</i>	0.000
<i>Qayda 6.</i>	0.000
<i>Qayda 7.</i>	0.000
<i>Qayda 8.</i>	0.000
<i>Qayda 9.</i>	0.000

q_i ($i = \overline{1,9}$), çoxluğunu tapdıqdan sonra p_i produksiya qaydalarının alt nəticələrinin hər birinin mənsubiyyət funksiyaları qeyri-səlis kompozisiya metodu ilə tapılır $\mu(p_i) = \min\{q_i, \mu_{\bar{c}}(x_i)\}$, $i = \overline{1,9}$: burada $\mu_{\bar{c}}(x_i)$ və q_i - müvafiq olaraq çıxış linqvistik dəyişənlərin termlərinin mənsubiyyət funksiyası və p_i qeyri-səlis produksiya qaydaları alt nəticələrinin doğruluq dərəcəsidir.

$$\begin{aligned}\mu(p_1) &= \min\{q_1, \mu_{\bar{c}_1}(x)\} = \min\{0.285; 0.3\} = 0.285; \mu(p_2) = \min\{q_2, \mu_{\bar{c}_2}(x)\} = \\ &= \min\{0; 0.4\} = 0; \mu(p_3) = \min\{q_3, \mu_{\bar{c}_6}(x)\} = \min\{0; 0.4\} = 0; \mu(p_4) = \\ &= \min\{q_4, \mu_{\bar{c}_3}(50)\} = \min\{0.444; 0.5\} = 0.444; \mu(p_5) = \min\{q_3, \mu_{\bar{c}_2}(x)\} = \\ &= \min\{0; 0.4\} = 0; \mu(p_6) = \min\{q_6, \mu_{\bar{c}_3}(x)\} = \min\{0; 0.5\} = 0; \mu(p_7) = \\ &= \min\{q_7, \mu_{\bar{c}_2}(x)\} = \min\{0; 0.4\} = 0; \mu(p_8) = \min\{q_8, \mu_{\bar{c}_2}(x)\} = \min\{0; 0.4\} = \\ &= 0; \mu(p_9) = \min\{q_9, \mu_{\bar{c}_1}(x)\} = \min\{0; 0.2\} = 0.\end{aligned}$$

$$\textbf{Aktiv qaydalar: } \mu(p_1) = 0.285, \mu(p_4) = 0.444$$

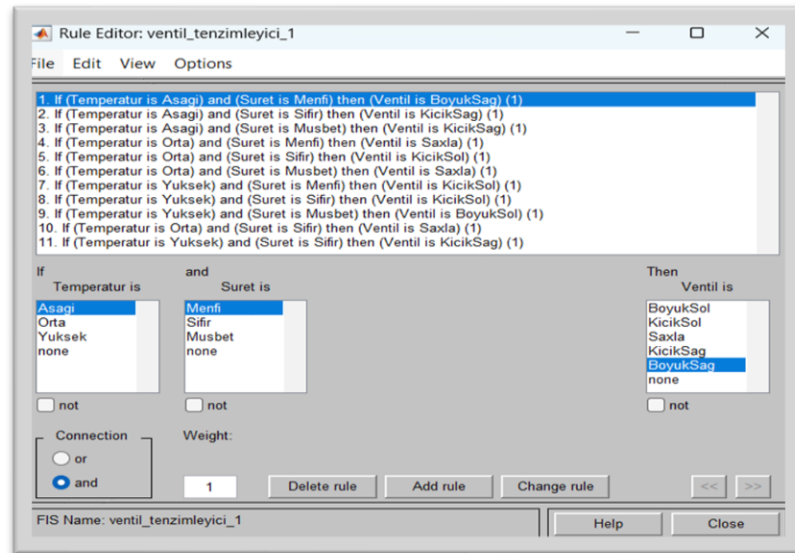
$$\textbf{Digər bütün qaydalar üçün: } \mu(p_2), \mu(p_3), \mu(p_5), \mu(p_6), \mu(p_7), \mu(p_8), \mu(p_9) = 0$$

Defazifikasiya prosesi, çıxış linqvistik dəyişənin mənsubiyyət funksiyasından onun kəmiyyət qiymətinə keçid prosesidir. Ağırlıq mərkəzi (centroid) metodundan istifadə etməklə “rezervuarda neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsi” üçün çıxış dəyişənin defazifikasiyası nəticəsində aşağıdakı qiymət alınır [əlavə 8]:

$$\begin{aligned}x &= \frac{\sum_{i=1}^n \mu(p_i) \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n \mu(p_i)} \\ x &= \frac{(30 \cdot 0.285 + 50 \cdot 0.444)}{(0.285 + 0.444)} = \frac{(8.55 + 22.2)}{0.729} = \frac{30.75}{0.729} \approx 42.17\end{aligned}$$

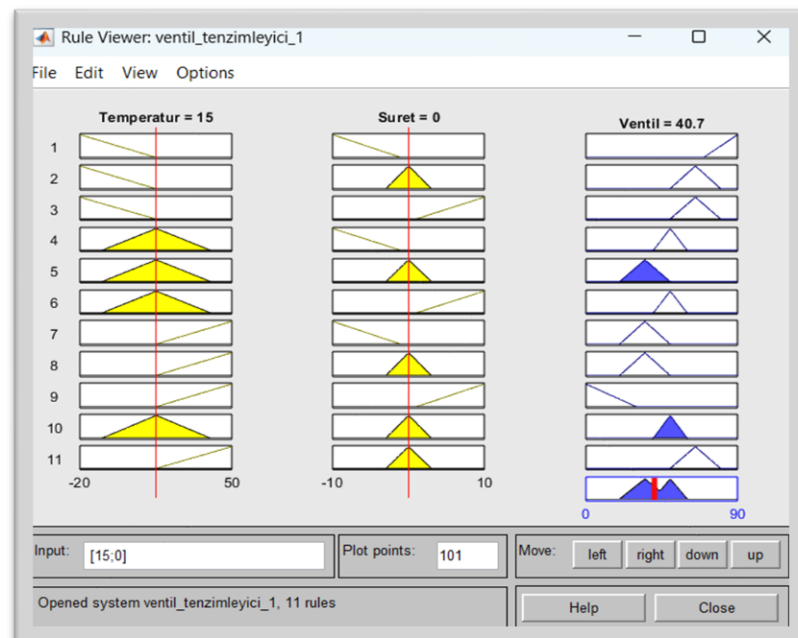
Ağırlıq mərkəzi metodu əsasında aparılan defazifikasiya nəticəsində ventillə tənzimləmə çıxışı təxminən **42.17** alındı. Bu nəticə qeyri-səlis sistemin aktiv qaydaları əsasında düzgün işlədiyini, çıxışın sabit və real dəyərə yönəldiyini göstərir.

MATLAB mühitində qeyri-müəyyənlik şəraitində neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsi üçün qeyri-səlis modelin hazırlanması. **Rule Editor** redaktorundan istifadə edərək “qeyri-müəyyənlik şəraitində neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsi” üçün qeyri-səlis nəticə çıxarma sistemi üçün qaydalar redaktorunun qrafik interfeysi tərtib edilmiş və şəkil 2.2.4-də göstərilmişdir.



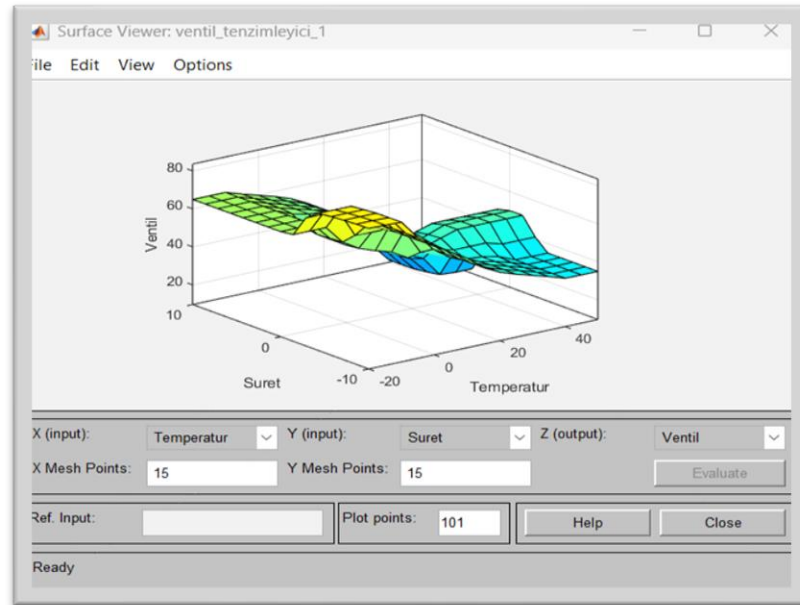
Şəkil 3.2.4. “Qeyri-müəyyənlik şəraitində neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsi” üçün qeyri-səlis nəticə çıxarma sistemi üçün qaydalar redaktorunun qrafik interfeysi

Tərtib edilmiş qeyri-səlis nəticə çıxarma sistemini qiymətləndirmək üçün [59, s. 29-35] qiymətləri daxil edilmiş və “qeyri-müəyyənlik şəraitində neft məhsulunun temperaturunu tənzimləyən” çıxış dəyişəninin qiymətinin nəticəsi 42.17-ə bərabər olmuşdur (şəkil 3.2.5). Bu da yaradılmış modelin adekvatlığını təsdiq edir.



Şəkil 3.2.5. Qeyri-səlis produksiyalar bazasında qaydalar üzrə nəticələrin qrafik təsviri

"Qeyri-müəyyənlik şəraitində neft məhsulunun temperatur tənzimlənməsi" üçün işlənmiş qərar qəbuletmə modelində qeyri-səlis çıxışın səthi vizuallaşdırılmışdır (şəkil 3.2.6). Bu da qeyri-səlis giriş və çıxış dəyişənləri arasında əlaqə yaratmağa imkan verir.



Şəkil 3.2.6. Rezervuarda istilik tənzimləyicisinin ventili çıxış linqvistik dəyişənlərinin defazzifikasiyasının nəticəsinin qrafik təsviri

3.3. Rezervuarda neft məhsulunun temperatur tənzimlənməsi üçün Fuzzy və PID nəzarət sistemlərinin integrasiyası əsasında idarəetmə modelinin Simulink mühitində realizasiyası

Neft məhsulunun neft bazalarında saxlanılması və paylanması zamanı onların fiziki-kimyəvi parametrlərinin sabilliyi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu parametrlər arasında temperatur göstəricisi xüsusi rol oynayır, çünki temperaturda baş verən istənilən dəyişiklik məhsulun sıxlığına, təzyiqə və keyfiyyətinə birbaşa təsir göstərir. Sənaye proseslərinin dəyişkənliyi, ətraf mühitin qeyri-sabitliyi və daxili dinamika bu sistemlərin klassik idarəetmə metodları ilə effektiv şəkildə tənzimlənməsini çətinləşdirir. Belə hallarda intellektual idarəetmə, xüsusilə də Fuzzy (qeyri-səlis) nəzarət sistemləri geniş tətbiq imkanları yaradır. Fuzzy sistemlər

qeyri-müəyyənlik və qeyr-dəqiqlik mühitində qərar qəbuletmə xüsusiyyəti ilə fərqlənir. Lakin yalnız Fuzzy yanaşması ilə yüksək dəqiqlik əldə etmək mümkün olmur. Bu baxımdan, Fuzzy nəzarət sistemi ilə klassik PID (Proportional-Integral-Derivative) tənzimləyicilərinin integrasiyası hibrid idarəetmə kimi daha məqsədəuyğun hesab olunur. Bu integrasiya həm qeyri-müəyyən situasiyalarda çevik qərar qəbuletməni, həm də sistemin sabitliyini və dəqiq cavabvermə sürətini təmin edir.

Bu paraqrafda neft məhsulunun temperatur tənzimlənməsinə yönəlmiş Fuzzy və PID nəzarət sistemlərinin integrasiyası əsasında yaradılmış idarəetmə modeli təklif olunur. Model MATLAB/Simulink mühitində hazırlanmış və real fiziki sistemin dinamikasını nəzərə alan transfer funksiyası ilə təchiz edilmişdir. Sistem daxilində Fuzzy və PID siqnalları paralel şəkildə işlənərək optimal tənzimləmə reaksiyası təmin edilir. Tətbiq olunan şərt blokları idarəetmə strukturunu adaptivləşdirilmiş, müxtəlif temperatur qiymətlərinə qarşı balanslaşdırılmış reaksiyalar formalaşdırılmışdır.

İşlənmiş idarəetmə modelinin səmərəliliyi MATLAB/Simulink mühitində aparılan simulyasiya nəticələri əsasında qiymətləndirilmişdir. Modelin daxilində həm Fuzzy nəzarət sistemi, həm də PID tənzimləyicinin çıxışları transfer funksiyası ilə birləşdirilərək ventilin açılma dərəcəsinə təsir göstərir. Simulyasiya müddətində temperatur siqnalı *Ramp* bloku vasitəsilə zamanla xətti şəkildə artırılmış və temperatur dəyişmə sürəti *Derivative* bloku ilə müşahidə edilmişdir.

Modelin çıxışında alınan ventil tənzimləmə siqnalı 15.0006 – ya bərabər sabit və dəqiq qiymətə yaxınlaşmışdır ki, bu da Fuzzy və PID integrasiyasının sistemə təsirinin tarazlaşdırıldığını göstərir. Temperatur siqnalı 19.9981°C qiymətinə çataraq istinad temperaturu olan 20°C – yə son dərəcə yaxın nəticə vermişdir. Bu nəticələr sistemin yüksək dəqiqlik və minimal xəta ilə işlədiyini təsdiq edir.

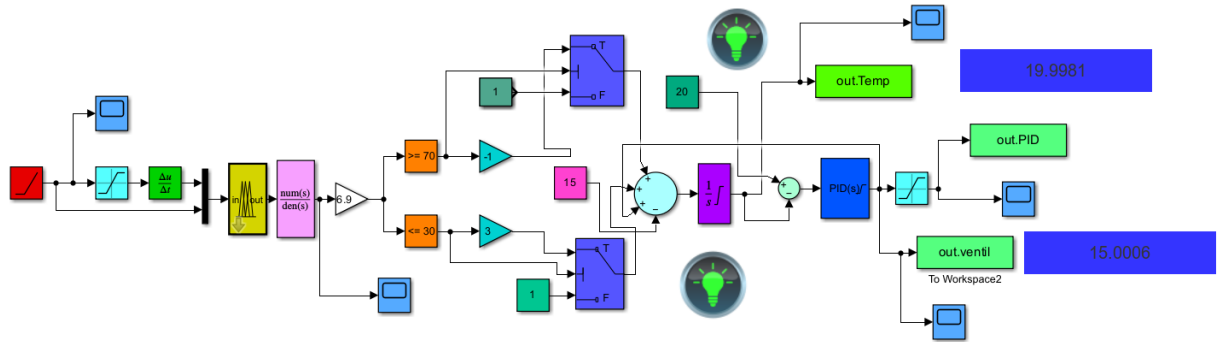
Simulyasiya nəticələrinin təhlili üçün istifadə olunan *Scope* bloklarında ventil və temperatur siqnallarının zamana görə necə dəyişdiyi müşahidə olunur. Əldə olunan qrafik nəticələrinə əsasən, temperatur ilkin mərhələdə xətti artım dinamikası göstərir. Lakin Fuzzy və PID nəzarət sistemlərinin birgə tətbiqi nəticəsində sistemin

reaksiyası sürətlə sabitləşərək müəyyən olunmuş istinad həddi ətrafında stabil vəziyyətdə qalır. Bu isə sistemin həm sürətli, həm də sabit cavab verdiyini göstərir. Beləliklə, Fuzzy və PID siqnallarının sinxron tətbiqi nəinki sistemin sabitliyini, həm də onun keçici rejimlərdəki davranışını müsbət yöndə dəyişmişdir. Bundan əlavə, modelə daxil edilən şərt blokları (≥ 70 , ≤ 30) sistemin müəyyən hallarda avtomatik olaraq tənzimləmə rejimini dəyişməsinə səbəb olmuşdur. Bu strukturun daxilində Fuzzy çıxışının səviyyəsinə görə PID siqnalı ya gücləndirilmiş, ya da zəiflədilmişdir. Bu yanaşma adaptiv və çevik idarəetməni mümkün etmiş, temperatur dəyişkənliyinə qarşı sistemin daha dayanıqlı olmasına səbəb olmuşdur.

Ümumilikdə simulyasiya nəticələri göstərir ki, Fuzzy və PID tənzimləyicilərin birgə işləməsi ilə qurulmuş model, neft məhsulunun temperatur tənzimlənməsi prosesində yüksək dəqiqlik, sabitlik və səmərəlilik təmin edir. Model real sənaye şəraitində tətbiq olunmağa tam uyğundur və bu yanaşma gələcəkdə daha genişmiqyaslı sistemlərə asanlıqla integrasiya oluna bilər.

Fiziki sistemlərin avtomatik idarə olunması üçün qurulan modellərin etibarlılığı, onların riyazi baxımdan dəqiq qurulması və real proseslərin davranışını doğru əks etdirməsi ilə bilavasitə bağlıdır. Sənaye mühitində, xüsusilə də neft məhsulunun temperatur tənzimlənməsi kimi mürəkkəb və qeyri-müəyyənliklərlə müşahidə olunan proseslərdə, klassik determinik idarəetmə üsulları kifayət etmədiyindən, hibrid yanaşmalar tətbiq olunur. Bu baxımdan, Fuzzy nəzarət sistemləri qeyri-səlis şəraitdə qərar qəbulətmədə üstünlük qazandığı halda, PID tənzimləyiciləri dəqiq riyazi əsaslandırılmaya malik analoq idarəetmə alqoritmlərini təqdim edir (şəkil 3.3.1).

Yaradılmış Fuzzy+PID əsaslı hibrid idarəetmə modeli, sistemin həm qeyri-müəyyən, həm də determinik komponentlərini birləşdirən çoxsəviyyəli idarəetmə strukturu kimi təyin edilmişdir. Modelin qurulmasında tətbiq olunan hər bir blokun riyazi qarşılığı və onların qarşılıqlı təsiri nəzəri baxımdan təhlil olunmuş, nəticələrin texniki və hesablama əsası yaradılmışdır. Burada Fuzzy inferensiya mexanizmi temperatur və onun dəyişmə sürəti əsasında ventilin açılma səviyyəsini təyin edir,



Şəkil 3.3.1. Simulink mühitində rezervuarlarda neft məhsulunun temperatur tənzimlənməsi üçün Fuzzy və PID nəzarət sistemlərinin integrasiyası əsasında qurulmuş idarəetmə modeli

PID tənzimləyici isə Fuzzy sistemdən keçmiş siqnalın çıxış temperaturu ilə istinad temperatur arasındakı fərqi təhlil edərək düzəliş siqnalı formalaşdırır. Transfer funksiyası bu siqnalların real sistemdəki dinamik təsirlərini modelləşdirir və sonda alınan ümumi tənzimləmə siqnalı sistemə tətbiq olunur [96, s.265-292].

Bu bölmədə idarəetmə modelinin əsas komponentlərinin riyazi təsvirləri verilir, Fuzzy və PID nəzarət mexanizmlərinin qarşılıqlı fəaliyyəti, transfer funksiyasının rolu və nəticədə çıxış siqnallarının formalaşması izah olunur.

Modeldə temperatur siqnalı xətti şəkildə artan *Ramp* funksiyası ilə verilmişdir:

$$T(t) = T_0 + a \cdot t,$$

burada, $T_0 = 0$ -başlanğıc temperatur; $a = 1$ -Ramp əmsalındır (slop).

$$T(20) = 0 + 1 \cdot 20 = 20^{\circ}C.$$

Ramp funksiyası temperaturun sabit sürətlə artdığını modelləşdirir. Bu artımın sürətini ifadə edən törəmə, yəni temperaturun zaman üzrə dəyişmə sürəti $\frac{dT}{dt} = a = 1^{\circ}C/s$ olaraq qəbul edilmişdir. Bu isə temperaturun hər saniyədə $1^{\circ}C$ artdığını göstərir, yəni temperatur siqnalı xətti artım xarakteri daşıyır və sistemin reaksiyası bu dəyişkənlik əsasında tənzimlənir.

İdarəetmə modelində Fuzzy nəzarət sistemi iki giriş siqnalı əsasında - temperatur $T(t)$ və temperaturun dəyişmə sürəti $\frac{dT}{dt}$ -ventelin açılma dərəcəsini təyin edir. Bu qərar qəbuletmə prosesində linqvistik dəyişənlər və qeyri-səlis qaydalar

bazası istifadə olunur. Fuzzy çıxış funksiyası aşağıdakı şəkildə formalaşır [94, 360-390]:

$$U_{fuzzy} = f\left(T, \frac{dT}{dt}\right),$$

burada, U_{fuzzy} -Fuzzy nəzarətçinin çıxış signalı; T -real temperatur qiyməti; $\frac{dT}{dt}$ - temperaturun dəyişmə sürəti; f -Fuzzy integrasiya sistemi (.fis) tərəfindən müəyyən olunan xəritələndirmə funksiyasıdır. Fuzzy sistemində istifadə olunan qaydalar bazası 9 qayda üzərində qurulmuşdur. Hər bir qayda aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\text{Əgər } T = A_i \text{ Və } \frac{dT}{dt} = B_j \text{ Onda } U_{fuzzy} = C_k ,$$

burada, A_i, B_j -giriş dəyişənləri üçün Fuzzy termlər ($T_1 - T_9$) mənimsədilir; C_k - çıxış dəyişəninin Fuzzy nəticəsidir (ventel dərəcəsi). Çıxış qiymətinə Mamdani tipli inferensiya metodu əlavə edilir və ağırlıq mərkəzi (centroid) defuzzifikasiya üsulu tətbiq olunur [94, s. 241-289]:

$$U_{fuzzy} = u_f = \frac{\int_{\mu(x)>0} \mu(x) \cdot x dx}{\int_{\mu(x)>0} \mu(x) \cdot dx}.$$

İdarəetmə modelində əsasən, Fuzzy çıxış qiyməti simulyasiya nəticəsində $U_{fuzzy} = 15.0006$ alınmışdır və nəticədə bu qiymət *Transfer Function* blokuna ötürülərək real sistemin reaksiyasını formalaşdırır. Modeldə Fuzzy çıxışına əlavə olaraq PID tənzimləyici tətbiq edilmiş və Fuzzy signal üzərində düzəliş məqsədilə istifadə olunur və PID nəzarət sistemi klassik idarəetmə prinsiplərinə əsaslanaraq xəta signalına cavab verir. PID signalı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$U_{PID}(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int e(t) dk + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt},$$

burada, $e(t) = T_{ref} - T_{out}$ -istənilən və referans temperatur arasındakı xəta; K_p – *proporsional əmsal*, K_i – *integral əmsalı*, K_d – *törəmə əmsalıdır*.

Simulyasiya üçün istifadə olunan PID parametrləri aşağıdakı kimidir:

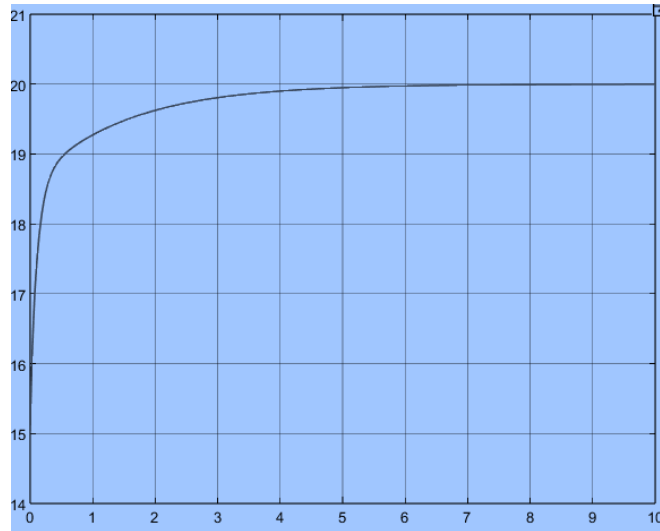
$$K_p = 9.78; K_i = 6; K_d = 0.03; e(t) = 0.0019.$$

$$\int e(t) dt \approx e \cdot t = 0.0019 \cdot 20 = 0.038;$$

$$U_{PID} = 1.0019 + 0.1 \cdot 0.038 = 0.0019 + 0.038 = 0.0057.$$

Beləliklə, PID tənzimləyicinin çıxışı Fuzzy sisteminə əlavə olunan kiçik düzəliş signalı rolunu oynayır və çıxış temperaturunun istinad qiymətinə yaxınlaşmasına xidmət edir.

Simulyasiya nəticələrinin vizual təhlili məqsədilə modelə əlavə olunmuş *Scope* blokları vasitəsilə həm temperaturun zamana görə dəyişməsi, həm Fuzzy+PID çıxışının (ventel açılma səviyyəsinin) davranışı müşahidə olunmuşdur (şəkil 3.3.2).

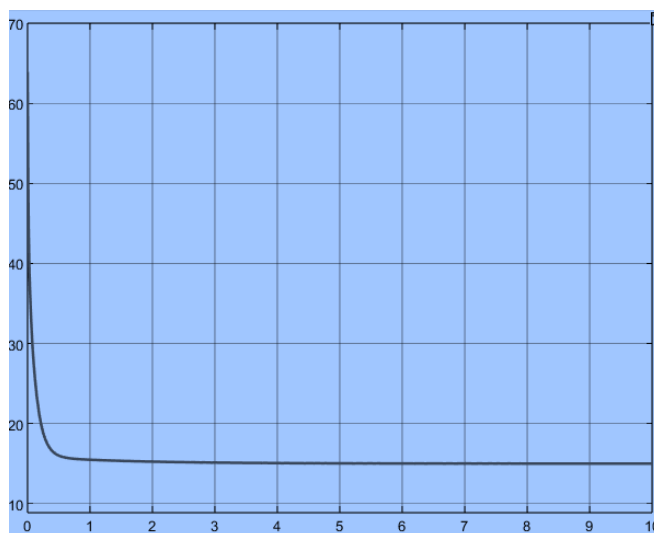


Şəkil 3.3.2. Temperatur signalının zamana görə dəyişməsi qrafiki

Bu qrafik Fuzzy və PID nəzarət sistemlərinin sinxron tətbiqi nəticəsində sistemin temperatur reaksiyasını əks etdirir. Qrafikdən aydın görünür ki, başlanğıc temperatur $\approx 15^{\circ}\text{C}$ -dir. Temperatur 0 – 3 *saniyyə* aralığında sürətlə yüksələrək 15°C – ə yaxınlaşır və 5 – *ci saniyyədə*n sonra isə temperatur istinad qiymətinə yaxın 19.9981°C səviyyəsində sabitləşir. Sistem overhoot (artıq təsir) göstərmədən, hamar keçid ilə sabit vəziyyətə gəlir. Bu nəticə göstərir ki, Fuzzy çıxışı real sistemin əsas davranışını təyin edir, PID isə xəta signalı əsasında dəqiqlik əlavə edir.

$$T(t) = T_f - (T_f - T_0) \cdot e^{-kt},$$

burada $T(t)$ -zaman üzrə temperatur signalı; $T_0 = 15^{\circ}\text{C}$ -başlanğıc temperatur; $T_f = 20^{\circ}\text{C}$ - son sabit temperatur; k - sistemin tənzimləmə sürətinə bağlı zaman sabiti; t – *zaman (s)*. Beləliklə qeyd etmək olar ki, temperatur eksponensial şəkildə 20°C -yə yaxınlaşır $T(t) \xrightarrow{t \rightarrow \infty} 20^{\circ}\text{C}$ (şəkil 3.3.3).



Şəkil 3.3.3. Ventel çıxış signalının qrafik təsviri

Qrafik təsvir Fuzzy nəzarət sisteminin ventel açılmasına verdiyi reaksiyanı göstərir. Müşahidələrə əsasən, sistemin əvvəlki halında ventel çıxışı təxminən 70 səviyyəsindən başlayır (maksimum açılış) və ilk 2 *saniyyə* ərzində çıxış qiyməti sürətlə azalaraq 15 *saniyyə* səviyyəsinə yaxınlaşır. 3 – cü saniyyədən sonra isə sistem 15.0006 ətrafında sabit qalır. Bu azalma Fuzzy qərar qəbuletmə sisteminin temperatur və temperaturun dəyişmə sürətinə verdiyi uyğulaşdırılmış cavab nəticəsində baş verir. Nəticədə ventel çıxışı sərt dəyişiklik olmadan, hamar və sabit şəkildə real istilik tələblərinə uyğun tənzimlənir.

Ventelin açılma səviyyəsi isə başlanğıcda yüksək olub sonradan sabit qiymətə enməsi eksponensial azalma funksiyası ilə modelləşdirilir:

$$V(t) = V_0 \cdot e^{-kt} + V_{ss} ,$$

burada $V(t)$ -ventel açılma səviyyəsi; $V_0 \approx 55$ -başlanğıc əlavə açılış ($70 - 15$); k - azalma sürətini təyin edən sabit; t - zaman; V_{ss} - sabit rejim qiyməti və ya stasionar vəziyyət səviyyəsi (steady-state value) adlanır. Bu düstürdən görünür ki:

$$V(t) \xrightarrow{t \rightarrow \infty} 15 .$$

Yəni Fuzzy nəzarətçi temperatur yüksəldikcə ventel açılışını azaldır və sistemin sabit vəziyyətə keçməsinə təmin edir.

Hər iki qrafikdən görünür ki, sistem həm sabitlik, həm də dəqiqlik baxımından yüksək keyfiyyət göstərir. Sistem istiqamət dəyişikliyi olmadan istənilən qiymətə

yaxınlaşır. Fuzzy+PID integrasiyası nəticəsində sakit, kəskin olmayan və stabil idarəetməni təmin edir.

Avtomatik idarəetmə sistemlərinin əsas məqsədi istənilən referans signalına uyğun çıxış signalı təmin etməkdir. Bu məqsədə nə dərəcədə yaxınlaşdığını müəyyən etmək üçün xəta, yəni referans signalı ilə real çıxış signalı arasındakı fərq əsas keyfiyyət göstəricisi kimi qiymətləndirilir. Xəta hesablamaları idarəetmə sisteminin dəqiqliyini, sabilliyini, tez reaksiya qabiliyyətini, adaptivliyini və mühitə cavab vermə çevikliyini ölçmək üçün zəruri vasitədir [91, s. 401-445]. İdarəetmə sistemlərinin səmərəliliyi çıxış signalının istinad signalına nə qədər yaxın olmasından asılıdır. Bunu qiymətləndirmək üçün aşağıdakı klassik xəta kriteriyaları istifadə olunur [əlavə 2]:

1. Orta mütləq xəta (*MAE - Mean absolute error*):

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |e(i)|,$$

burada, $e(i) = T_{ref} - T_i$; $T_{ref} = 20.0000^{\circ}C$; Orta temperatur qiyməti $\approx 19.9981^{\circ}C$. Yəni, $MAE \approx |20 - 19.9981| = 0.0019$.

2. Orta kvadrat xəta (*MSE - Mean squared error*):

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (e(i))^2; (0.0019)^2 \cdot 10 = 0.00000361 \cdot 10 = 0.0000361$$

$$MSE \approx (0.0019)^2 = 3.61 \times 10^{-6}.$$

3. Kvadrat kök orta xəta (*RMSE-Root mean square error*):

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{3.61 \times 10^{-6}} = 0.0019.$$

4. İntegral kvadrat xəta (*ISE-integral square error*):

$$\dot{I}SE = \int_0^t e^2(t)dt \approx \sum (e(t))^2 \cdot \Delta t;$$

$$\dot{I}SE \approx (0.0019)^2 \cdot 10 = 3.61 \times 10^{-6} \cdot 10 = 3.61 \times 10^{-5}.$$

5. İntegral mütləq xəta (*IAE – Integral absolute error*):

$$\dot{I}AE = \int_0^t |e(t)|dt \approx \sum |e(t)| \cdot \Delta t; IAE = 0.0019 \cdot 10 = 0.019.$$

$$6. \text{ Nisbi xəta (Relative error): } \text{Relative error} = \frac{|T_{ref} - T_{out}|}{T_{ref}} \times 100\%$$

$$\text{Relative error} = \frac{0.006484}{20} \times 100\% = 0.0324\% .$$

Tərtib olunmuş modeldə Fuzzy və PID nəzarət sistemlərinin integrasiyası əsasında hazırlanmış temperatur tənzimləmə modeli MATLAB/Simulink mühitində uğurla qurulmuş və simulyasiya edilmişdir. Model real sənaye şəraitində neft məhsulunun temperaturunun sabit və təhlükəsiz saxlanılmasını təmin etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Simulyasiya nəticələrinə əsasən, Fuzzy nəzarət sistemi temperatur və onun dəyişmə sürətini əsas götürərək ventilin açılma dərəcəsini tənzimləmiş, PID tənzimləyici isə çıxış signalı ilə istinad qiyməti arasındakı xətanı minimallaşdırmaq üçün əlavə tənzimləmələr tətbiq etmişdir. Modelin çıxış temperaturu 19.9981°C qiymətinə yaxınlaşaraq 20°C istinad temperaturuna çox yaxın sabitləşmişdir. Ventil çıxış signalı isə 15.0006 qiymətində sabitləşmiş və sistemin istənilən vəziyyətə reaksiya verdiyini sübut etmişdir.

Qrafik analizlər göstərmişdir ki, temperatur və ventil signalı zamana görə hamar və stabil dəyişir, sistemdə sərt dalğalanmalar və ya overshoot müşahidə olunmur. Bu, Fuzzy və PID integrasiyasının uğurlu tətbiqini və sistemin yüksək çevikliyini sübut edir.

Hesablanmış xəta göstəriciləri ilə (MAE, MSE, RMSE, ISE, IAE) aşağıdakı qiymətlər təyin edilmişdir [85, s. 292-328]: MAE = 0.006484; MSE = 0.000047; RMSE = 0.007545; ISE = 0.064481; IAE = 0.639782; Nisbi Xəta $\approx 0.0324\%$. Bu göstəricilər sistemin yüksək dəqiqliklə və minimal xəta ilə işlədiyini sübut edir. Fuzzy nəzarət sistemi adaptiv qərar qəbuletmə təmin etdiyi halda, PID tənzimləyici sistemin sabitliyini möhkəmləndirir. Nəticə etibarilə, bu model real neft bazalarında, rezervuar idarəetmə sistemlərində və avtomatlaşdırılmış istilik nəzarət qurğularında tətbiq oluna biləcək səviyyədə etibarlı və funksionaldır.

3.4. Qeyri-müəyyən şəraitdə neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsinin şəbəkə modeli

Rezervuarda neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsi modeli C_f tipli qeyri-səlis $P\mathcal{S}$ -i şəklində təsvir edilir [4, s. 212-215, 62, s. 65-69]. Şəbəkənin mövqelər və keçidlər çoxluğu dissertasiyanın 3.2 paragrafında yaradılmış qeyri-səlis produksiyalar bazasının qaydalarına uyğun təyin edilir.

C_f tipli qeyri-səlis $P\mathcal{S}$ -i aşağıdakı şəkildə təsvir olunur [59, s.29-35, 34, s.41]:

$$C_f = (P, T, I, O, f, \lambda, \mu_0),$$

burada, P və T uyğun olaraq sonlu qeyri-səlis mövqelər və sonlu qeyri-səlis keçidlər çoxluğudur; $I: P \times T \rightarrow (0,1, \dots)$ və $O: T \times P \rightarrow (0,1, \dots)$ -uyğun olaraq mövqe və keçidlərin giriş, çıxış insidentlik funksiyalarıdır; $f = (f_1, f_2, \dots, f_n)$, $f_i \in [0,1]$ ($\forall j \in N$, N -natural ədədlər çoxluğudur) -icazəli qeyri-səlis keçidlərin mənsubluq funksiyası vektorunun uyğun qiymətləridir; $\lambda = (\lambda_1, \lambda_1, \dots, \lambda_n)$, $\lambda_j \in [0,1]$ ($\forall j \in N$) -keçidlərin yerinə yetirilməsinin həyəcanlanma həddi vektorunun qiymətləridir; $\mu = (\mu_{10}, \mu_{20}, \dots, \mu_{n0})$ -şəbəkənin başlanğıc markerləmə vektorudur. Başlanğıc markerləmə vektorunun hər bir $\mu_{i0} \in [0,1]$ $\forall i \in N$ elementi verilmiş şəbəkənin mövqelər çoxluğunun uyğun mövqesinin qeyri-səlis mənsubluq funksiyası ilə təyin edilir.

C_f tipli qeyri-səlis $P\mathcal{S}$ -nin cari vəziyyəti $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$ -vektoru ilə təyin olunur. Bu vektorun istənilən $\mu_{i0} \in [0,1]$ elementi uyğun olaraq $p_i \in P$ mövqesinin bir markerinin qeyri-səlis mənsubluq funksiyasının qiyməti kimi təsvir olunur. C_f tipli qeyri-səlis $P\mathcal{S}$ -nin başlanğıc vəziyyəti isə $\mu_0 = (\mu_{10}, \mu_{20}, \dots, \mu_{n0})$ başlanğıc markerləmə vektoru ilə təyin edilir.

C_f tipli qeyri-səlis $P\mathcal{S}$ -nin istənilən $t_k \in T$ keçidi cari μ markerləşməsində o zaman həyəcanlanmış keçid adlanır ki, aşağıdakı şərt ödənilsin:

$$\min \{ \mu_j \} \geq \lambda_k, \quad (i \in N) \wedge (I(P_j, t_k)) > 0$$

burada, $\lambda_k - t_k$ keçidinin həyəcanlanma həddi vektorunun k -ci elementinin qiymətidir. Başqa sözlə $t_j \in T$ keçidi o zaman aktiv keçid hesab edilir ki, onun bütün

giriş mövqələrində cari markerləşmənin elementləri sıfırdan fərqli olsun, onların minimumu icra olunan keçidin yerinə yetirilməsinin həyəcanlanma həddi vektorunun elementinin qiymətindən böyük bərabər olsun.

C_f tipli qeyri-səlis modifikasiyalı PŞ-nin istənilən μ markerləşməsi μ_0 markerləşməsindən o zaman bilavasitə yetərli markerləşmə adlanır ki, həmin markerləşmə hər hansı icazəli qeyri-səlis $t_k \in T$ keçidinin yerinə yetirilməsi nəticəsində alınsın.

C_f tipli qeyri-səlis modifikasiyalı PŞ-nin bilavasitə yetərli markerləşməsi $\mu_0 - (t_k) \rightarrow \mu_+$ -kimi işarə edilir, burada μ_0 və μ -uyğun markerləşmə vektorlarıdır.

C_f tipli qeyri-səlis PŞ-nin qeyri-səlis produksiyalar qaydasının kompüter təsviri və onların yerinə yetirilməsi əsasında qeyri-səlis məntiqi nəticənin çıxarılması üçün istifadə olunan əlverişli riyazi aparatdır. C_f tipli qeyri-səlis PŞ-nin keçidlərinin yerinə yetirilməsi və vəziyyətinin dəyişməsi aşağıdakı qaydalara əsaslanır:

- ✓ şəbəkənin $t_j \in T$ keçidi hər hansı cari μ markerləşməsi üçün aşağıdakı şərtlər ödənildikdə icazəlidir:

$$\min \{ \mu_j \} \geq \lambda_k, (i \in N) \wedge (I(P_j, t_k))$$

burada, $\wedge$ -məntiqi minimum əməliyyatıdır, λ_k -isə $t_j \in T$ keçidinin yerinə yetirilməsinin həyəcanlanma həddi vektorunun elementidir.

- ✓ əgər, şəbəkənin $t_j \in T$ keçidi hər hansı cari μ markerləşməsi üçün icazəlidirsə, onda bu qeyri-səlis keçidin yerinə yetirilməsi yeni

$\mu' = (\mu'_1, \mu'_2, \dots, \mu'_n)$ -markerləşməsinin alınması ilə nəticələnir və bu vektorun komponentləri aşağıdakı düsturla hesablanır:

- ✓ $I(p_i, t_k) > 0$ olarsa, hər bir $p_i \in P$ giriş mövqesi üçün:

$$\mu'_i = 0; (p_i \in P) \wedge (I(p_i, t_k));$$

- ✓ $I(p_i, t_k) > 0$ olarsa, hər bir $p_i \in P$ çıxış mövqesi üçün:

$$\mu'_j = \max \left\{ \mu_{j', (i \in N) \wedge (I(P_j, t_k) > 0)}^{\min} \right\} (\mu_{j', f_k}) \left\{ (\forall p_i \in P) \wedge (O(t_k, p_j) > 0); \right.$$

burada, $f_k - t_j \in T$ qeyri-səlis keçidinin mənsubluq funksiyasının qiymətidir.

Verilmiş C_f tipli qeyri-səlis $P\mathcal{S}$ -nin μ markerləşməsi μ_0 markerləşməsindən o zaman yetərli markerləşmə adlanır ki, elə sonlu nizamlanmış $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_q)$ - markerləşmələr ardıcılığı və ona uyğun sonlu nizamlanmış $\sigma = (t, t_2, \dots, t_q)$ keçidlər ardıcılığı mövcud olsun ki, ixtiyari iki qonşu markerləşmə üçün $\mu_{j-}(t_j) \rightarrow \mu_+(\forall j = 1, 2, \dots, q - 1)$ bilavasitə yetərlik münasibətləri ödənilsin [72, s.237, 86, s.255].

Produksiyalar qaydasına əsasən C_f tipli qeyri-səlis $P\mathcal{S}$ -nin mövqelər və keçidlər çoxluğunun elementləri aşağıdakı kimi təyin edilmişdir.

Şəbəkənin mövqelər çoxluğu: P_1 - rezervuarda neft məhsulunun temperaturu yol verilən həddən aşağıdır; P_2 - rezervuarda temperaturun dəyişmə sürəti mənfidir; P_3 - rezervuarda neft məhsulunun temperaturu yol verilən həddə uyğundur; P_4 - rezervuarda temperaturun dəyişmə sürəti sıfırdır, sıfıra yaxındır; P_5 - rezervuarda neft məhsulunun temperaturu yol verilən həddən yuxarıdır; P_6 - rezervuarda temperaturun dəyişmə sürəti müsbətdir; P_7 - rezervuarın qızdırıcısının tənzimləyicisi ventili böyük sağ küncə çəkilir; P_8 - rezervuarın qızdırıcısının tənzimləyicisi ventili sağ küncə çəkilir; P_9 - rezervuarın qızdırıcısının tənzimləyicisi ventili dəyişməz qalır; P_{10} - rezervuarın qızdırıcısının tənzimləyicisi ventili sol küncə çəkilir; P_{11} - rezervuarın qızdırıcısının tənzimləyicisi ventili böyük sol küncə çəkilir;

Şəbəkənin keçidlər çoxluğu: t_1 - qayda 1; t_2 - qayda 2; t_3 - qayda 3; t_4 - qayda 4; t_5 - qayda 5; t_6 - qayda 6; t_7 - qayda 7; t_8 - qayda 8; t_9 - qayda 9;

Şəkil 3.4.1-də rezervuarda neft məhsulunun temperaturunun qeyri-səlis $P\mathcal{S}$ şəklində tənzimlənməsi modelinin qraf sxemi verilmişdir.

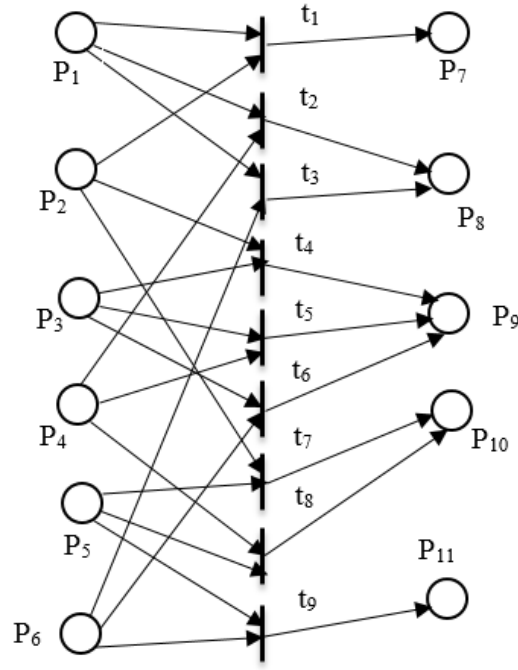
C_f tipli qeyri-səlis $P\mathcal{S}$ -nin struktur elementləri aşağıdakı kimi təsvir olunur.

Qeyri-səlis mövqelər çoxluğu:

$$P = \{P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}, P_{11}\}.$$

Qeyri-səlis keçidlər çoxluğu:

$$T = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}, t_{11}\}.$$



Şəkil 3.4.1. Rezervuarda neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsinin qraf modeli

C_f tipli qeyri-səlis PŞ-nin icazəli keçidlərinin mənsubluq dərəcəsi funksiyası vektorunun qiymətləri:

$$f = (0.110; 0.200; 0.400; 0.800; 1.000; 0.772; 0.400; 0.200; 0.075).$$

C_f tipli qeyri-səlis PŞ-nin keçidlərinin yerinə yetirilməsinin həyəcanlanma həddi vektorunun elementlərinin qiymətləri:

$$\lambda = (0.110; 0.200; 0.400; 0.500; 0.250; 0.900; 0.800; 0.700; 0.400).$$

C_f tipli qeyri-səlis PŞ-nin ilkin markerləşmə vektorunun elementlərinin qiymətləri:

$$\mu_0 = (0.120; 0.250; 0.300; 0.400; 0.500; 0.600; 0.700; 0.800; 0.850; 0.850; 0.900).$$

Şəbəkənin keçidlərinin giriş və çıxış mövqeləri uyğun olaraq aşağıdakı kimi paylanmışdır:

$$\begin{aligned} \text{Pred}(t_1) &= \{P_1, P_2\}; \text{Post}(t_1) = \{P_7\}; \text{Pred}(t_2) = \{P_1, P_4\}; \\ \text{Post}(t_2) &= \{P_8\}; \text{Pred}(t_3) = \{P_1, P_6\}; \text{Post}(t_3) = \{P_8\}; \\ \text{Pred}(t_4) &= \{P_2, P_3\}; \text{Post}(t_4) = \{P_9\}; \text{Pred}(t_5) = \{P_3, P_4\}; \\ \text{Post}(t_5) &= \{P_9\}; \text{Pred}(t_6) = \{P_3, P_6\}; \text{Post}(t_6) = \{P_9\}; \\ \text{Pred}(t_7) &= \{P_2, P_5\}; \text{Post}(t_7) = \{P_{10}\}; \text{Pred}(t_8) = \{P_4, P_5\}; \end{aligned}$$

$$Post(t_8) = \{P_{10}\}; Pred(t_9) = \{P_5, P_6\}; Post(t_9) = \{P_{11}\}.$$

Verilmiş ilkin μ_0 markerləşməsi üçün t_1 keçidi həyəcanlıdır. Həyəcanlanmış t_1 keçidinin yerinə yetirilməsi üçün

$$\min \{\mu_0(P_1), \mu_0(P_2)\} \geq \lambda_1$$

şərti ödənilməlidir, yəni $\min \{0.120; 0.250\} \geq 0.100$ şərti ödənilir. İcazəli t_1 keçidi yerinə yetirildikdən sonra yeni μ_1 markerləşməsi alınır.

✓ t_1 keçidinin giriş mövqeləri üçün:

$$\mu_1(P_1) = 0.000; \mu_1(P_2) = 0.000;$$

✓ t_1 keçidinin çıxış mövqesi üçün:

$$\mu_1(P_7) = \max\{\mu_0(P_7), \min(\mu_0(P_7), f_1)\} = \max\{0.300; 0.110\} = 0.200;$$

t_1 keçidinin yerinə yetirilməsi nəticəsində alınmış μ_1 markerləşmə vektoru aşağıdakı kimidir:

$$\mu_1 = (0.000; 0.000; 0.300; 0.400; 0.500; 0.600; 0.700; 0.800; 0.850; 0.850; 0.900).$$

Cari μ_1 markerləşməsi üçün t_5 keçidi həyəcanlıdır. Həyəcanlanmış t_5 keçidinin yerinə yetirilməsi üçün

$$\min \{\mu_2(P_3), \mu_2(P_4)\} \geq \lambda_5$$

şərti ödənilməlidir, yəni $\min\{0.300; 0.400\} \geq 0.250$ şərti ödənilir. İcazəli t_5 keçidi yerinə yetirildikdən sonra yeni μ_2 markerləşməsi alınır.

✓ t_5 keçidinin giriş mövqeləri üçün:

$$\mu_2(P_3) = 0.000; \mu_2(P_4) = 0.000;$$

✓ t_5 keçidinin çıxış mövqesi üçün:

$$\mu_2(P_8) = \max\{\mu_1(P_8), \min(\mu_1(P_8), f_2)\} = \max\{0.850; \min(\mu_1(P_8), f_2)\} = 0.850;$$

t_5 keçidi yerinə yetirilməsi nəticəsində alınmış μ_2 markerləşmə vektoru aşağıdakı kimidir:

$$\mu_2 = (0.000; 0.000; 0.000; 0.000; 0.500; 0.600; 0.700; 0.800; 0.850; 0.850; 0.900).$$

Cari μ_2 markerləşməsi üçün t_9 keçidi həyəcanlıdır. Həyəcanlanmış t_9 keçidinin yerinə yetirilməsi üçün

$$\min \{\mu_3(P_5), \mu_3(P_6)\} \geq \lambda_9$$

şərti ödənilməlidir, yəni $\min \{0.500; 0.600\} \geq 0.400$ şərti ödənilir.

İcazəli t_9 keçidi yerinə yetirildikdən sonra yeni μ_3 markerləşməsi alınır.

✓ t_9 keçidinin giriş mövqeləri üçün:

$$\mu_3(P_5) = 0.000; \mu_3(P_6) = 0.000;$$

✓ t_9 keçidinin çıxış mövqesi üçün:

$$\mu_3(P_{11}) = \max\{\mu_2(P_{11}), \min(\mu_2(P_{11}), f_9)\} = \max\{0.900; 0.075\} = 0.900;$$

t_9 keçidinin yerinə yetirilməsi nəticəsində alınmış μ_3 markerləşmə vektoru aşağıdakı kimidir:

$$\mu_3 = (0.000; 0.000; 0.000; 0.000; 0.000; 0.700; 0.800; 0.850; 0.850; 0.900).$$

Verilmiş μ_0 başlanğıc markerləşməsi üçün keçidlər $\tau = (t_1, t_5, t_9)$ ardıcılığı ilə yerinə yetirilir.

3.5. Qeyri-müəyyənlik şəraitində neft məhsulunun sıxlığının təyini üçün qərar qəbul etmə modeli

Neft məhsulunun sıxlığının təyini üçün qaydalar bazasının yaradılması. Qeyri-səlis məntiqi nəticə çıxarma sisteminin qaydalar bazası empirik biliklərin və ya müxtəlif problem sahələrində ekspert biliklərinin formal təqdimatı üçün nəzərdə tutulmuşdur. Qeyri-səlis məntiqi nəticə çıxarma sistemlərində qeyri-səlis produksiyalar qaydalarından istifadə olunur ki, burada şərtlər və nəticələr aşağıdakı qeyri-səlis linqvistik ifadələrlə təyin olunur [60, s.25-30, 70, s.150]:

QAYDA «#»:

ƏGƏR $A_1 \alpha_1$ olarsa

VƏ $A_2 \alpha_2$ olarsa VƏ...

VƏ $A_{n-1} \alpha_{n-1}$ olarsa ,

ONDA $A_n \alpha_n$ olar;

burada, $A_1, A_2, \dots, A_n$ - linqvistik dəyişənlərin adı;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_{n-1}, \dots, \alpha_n$ - təyin olunmuş termlər çoxluğu bazasında linqvistik dəyişəni təsvir edən termin uyğun qiymətləridir.

Giriş və çıxış linqvistik dəyişənləri, onlar üçün hər bir termin müvafiq mənsubiyyət funksiyaları ilə əsas term çoxluğunun elementləri müəyyən edildikdə,

təyin edilmiş sayılır [34, s.82, 68, s. 167]. Bu zaman termin elementlər çoxluğunun mənsubiyyət funksiyası kimi trapesiya formalı mənsubiyyət funksiyasından istifadə olunur.

Qeyri-səlis produksiya sistemlərinin qaydalar bazasının formalaşdırılması üçün giriş və çıxış linqvistik dəyişənləri müəyyən edilir. Neft məhsulunun sıxlığının təyini üçün giriş linqvistik dəyişənləri kimi formal olaraq aşağıdakı dəyişənlərdən istifadə olunur [9, s.426-427, 22, s.110-120]: - *neft məhsulunun temperaturu*; - *neft məhsulunun izafi təzyiqi*; - *neft məhsulunun səviyyəsinin hündürlüyü*.

Çıxış linqvistik dəyişəni kimi, formal olaraq neft məhsulunun sıxlığından istifadə edilir.

Neft məhsulunun sıxlığını müəyyən etmək üçün qeyri-səlis produksiyalar bazası aşağıdakı qaydalardan ibarətdir [18, s. 207-208]:

Giriş dəyişənlərinin fəzəfikasiyası üçün "neft məhsulunun temperaturu", "neft məhsulunun səviyyəsinin hündürlüyü", "neft məhsulunun izafi təzyiqi" aşağıdakı ifadə ilə verilən trapesiya formalı mənsubiyyət funksiyasından istifadə edilmişdir [55, s.53]:

$$f(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & \text{əgər } x \leq a; \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{əgər } a \leq x \leq b; \\ 1, & \text{əgər } b \leq x \leq c; \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{əgər } c \leq x \leq d; \\ 0, & \text{əgər } a \leq d \leq x; \end{cases}$$

burada $a, b, c, d, a \leq b \leq c \leq d$ - şərtlərinin ödənilməsinə təmin edən ixtiyari həqiqi ədədlərdir. Bütün giriş linqvistik dəyişənləri üçün term çoxluq kimi aşağıdakı çoxluqlardan istifadə edilir [11, s.273]: Qeyri-səlis məntiqi nəticə çıxarma qaydalarının əsasını formalaşdırmaq üçün aşağıdakı linqvistik dəyişənlər təyin edilir:

A - giriş linqvistik dəyişəni **“rezervuarda neft məhsulunun temperaturu** (ətraf mühitin temperaturunun sutkalıq temperatur normasına uyğun olaraq dəyişməsi və ya soyuq fəsillərdə neftin qızdırılması nəticəsində)” və bu dəyişən üçün

term çoxluq kimi $T_A = \{ \text{həddən maksimum aşağı; həddən əhəmiyyətli dərəcədə aşağı; həddən aşağı; bir qədər aşağı; normal həddə uyğun; həddən bir qədər yüksək; həddən yüksək; həddən əhəmiyyətli dərəcədə yüksək; həddən maksimum yüksək} \}$ elementlərindən istifadə olunur.

B - giriş linqvistik dəyişəni “**rezervuarda neft məhsulu səviyyəsinin hündürlüyü** (*buxarlanma, temperatur və sıxlığın dəyişməsi nəticəsində*)” və bu dəyişən üçün term çoxluq kimi $T_B = \{ \text{sıfıra yaxın-çox aşağı; aşağı; bir qədər aşağı ; orta; normal həddə uyğun; bir qədər yüksək; yüksək; çox yüksək; maksimum yüksək} \}$ çoxluqlarından istifadə olunur.

C - giriş linqvistik dəyişəni “**neft məhsulunun izafi təzyiqi** (*qaz məkanında təzyiqin artması zamanı*)” - və bu dəyişən üçün term çoxluq kimi $T_C = \{ \text{çox aşağı; aşağı; orta aşağı; orta; normal; orta yüksək; yüksək; çox yüksək; maksimum yüksək} \}$ çoxluqlarından istifadə olunur.

D - çıxış linqvistik dəyişəni “**neft məhsulunun sıxlığı** (*yüngül fraksiyaların buxarlanması nəticəsində*)” və bu dəyişən üçün term çoxluq kimi $T_D = \{ \text{çox aşağı-nəzarət sisteminə daxil edilir-1; aşağı - nəzarət sisteminə daxil edilir-1; orta aşağı - nəzarət sisteminə daxil edilmir; normal - nəzarət sisteminə daxil edilmir; orta yüksəkdir - nəzarət sisteminə daxil edilmir; yüksək - nəzarət sisteminə daxil edilmir; çox yüksək - nəzarət sisteminə daxil edilir-2; həddən yüksək - nəzarət sisteminə daxil edilir-2; maksimum yüksək-nəzarət sisteminə daxil edilir-2} \}$ çoxluqlarından istifadə olunur.

Qeyri-səlis məntiqi nəticə çıxarma sisteminin qaydalar bazası aşağıdakı kimidir:

Qayda 1. ƏGƏR neft məhsulunun temperaturu həddən maksimum aşağıdırsa (**T1**) $[-20, -20, -17, -12]$, **VƏ** neft məhsulunun səviyyəsi sıfıra yaxın-çox aşağıdırsa (**S1**) $[0, 0, 1, 2]$, **VƏ** neft məhsulunun izafi təzyiqi çox aşağıdırsa (**P1**) $[0, 0, 0.1, 0.2]$, **ONDA** neft məhsulunun sıxlığı çox aşağı hesab olunur və nəzarət sisteminə daxil edilir-1 (**D1**) $[700, 700, 710, 720]$;

Qayda 2. ƏGƏR neft məhsulunun temperaturu normal həddə uyğundursa (**T5**) $[9, 14, 19, 24]$, **VƏ** neft məhsulunun səviyyəsi normal həddə uyğundursa (**S5**)

[11, 12, 13, 14], **VƏ** neft məhsulunun izafi təzyiqi normaldırsa (**P5**) [0.7, 0.8, 0.9, 1], **ONDA** neft məhsulunun sıxlığı normal hesab olunur - nəzarət sisteminə daxil edilmir (**D4**) [750, 760, 765, 770];

Qayda 3. ƏGƏR neft məhsulunun temperaturu həddən maksimum yüksəkdirsə (**T9**) [47, 50, 50, 50], **VƏ** neft məhsulunun səviyyəsi maksimum yüksəkdirsə (**S9**) [19, 20, 20, 20], **VƏ** neft məhsulunun izafi təzyiqi maksimum yüksəkdirsə (**P9**) [1.45, 1.5, 1.5, 1.5], **ONDA** neft məhsulunun sıxlığı maksimum yüksəkdir - nəzarət sisteminə daxil edilir-2 (**D9**) [799, 800, 800, 800];

Qayda 4. ƏGƏR neft məhsulunun temperaturu həddən əhəmiyyətli dərəcədə aşağıdırsa (**T2**) [-17, -12, -9, -4], **VƏ** neft məhsulunun səviyyəsi bir qədər aşağıdırsa (**S3**) [4, 6, 8, 10], **VƏ** neft məhsulunun izafi təzyiqi orta aşağıdırsa (**P3**) [0.3, 0.4, 0.5, 0.6], **ONDA** neft məhsulunun sıxlığı orta aşağıdır - nəzarət sisteminə daxil edilmir (**D3**) [730, 740, 750, 760];

Qayda 5. ƏGƏR neft məhsulunun temperaturu həddən bir qədər yüksəkdirsə (**T6**) [19, 24, 29, 34], **VƏ** neft məhsulunun səviyyəsi ortadırsa (**S4**) [8, 10, 11, 12], **VƏ** neft məhsulunun izafi təzyiqi orta yüksəkdirsə (**P6**) [0.9, 1, 1.1, 1.2], **ONDA** neft məhsulunun sıxlığı yüksəkdir - nəzarət sisteminə daxil edilmir (**D5**) [765, 770, 775, 780];

Qayda 6. ƏGƏR neft məhsulunun temperaturu həddən aşağıdırsa (**T3**) [-9, -4, -1, 4], **VƏ** neft məhsulunun səviyyəsi aşağıdırsa (**S2**) [1, 2, 4, 6], **VƏ** neft məhsulunun izafi təzyiqi aşağıdırsa (**P2**) [0.1, 0.2, 0.3, 0.4], **ONDA** neft məhsulunun sıxlığı bir qədər yüksəkdir - nəzarət sisteminə daxil edilmir (**D5**) [765, 770, 775, 780];

Qayda 7. ƏGƏR neft məhsulunun temperaturu həddən yüksəkdirsə (**T7**) [29, 34, 39, 44], **VƏ** neft məhsulunun səviyyəsi yüksəkdirsə (**S7**) [15, 16, 17, 18], **VƏ** neft məhsulunun izafi təzyiqi yüksəkdirsə (**P7**) [1.1, 1.2, 1.3, 1.4], **ONDA** neft məhsulunun sıxlığı çox yüksəkdir - nəzarət sisteminə daxil edilir-2 (**D7**) [785, 790, 795, 797];

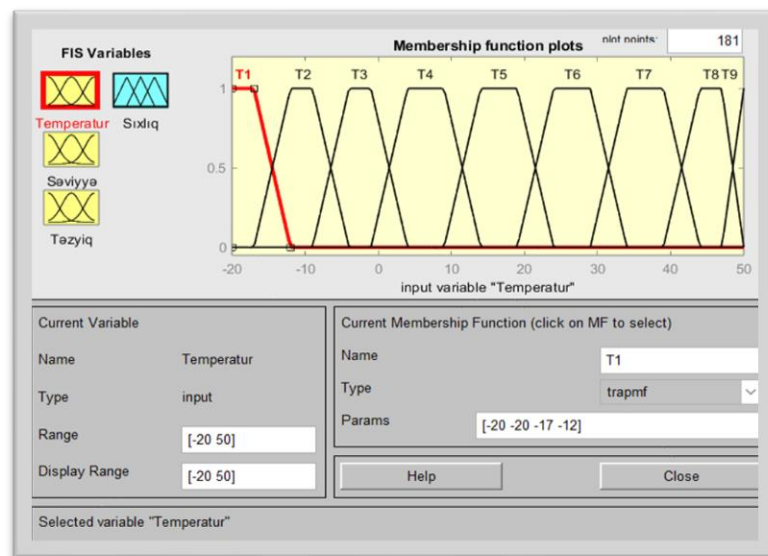
Qayda 8. ƏGƏR neft məhsulunun temperaturu həddən bir qədər aşağıdırsa (**T4**) [-1, 4, 9, 14], **VƏ** neft məhsulunun səviyyəsi bir qədər yüksəkdirsə (**S6**)

[13,14,15,16], *VƏ* neft məhsulunun izafi təzyiqi ortadırsa (*P4*) [0.5, 0.6, 0.7, 0.8], *ONDA* neft məhsulunun sıxlığı aşağıdır – nəzarət sisteminə daxil edilir-1 (*D2*) [710, 720, 730, 740];

Qayda 9. ƏGƏR neft məhsulunun temperaturu həddən əhəmiyyətli dərəcədə yüksəkdirsə (*T8*) [39,44,47,50], *VƏ* neft məhsulunun səviyyəsi çox yüksəkdirsə (*S8*) [17,18,19,20], *VƏ* neft məhsulunun izafi təzyiqi çox yüksəkdirsə (*P8*) [1.3, 1.4, 1.45, 1.5], *ONDA* neft məhsulunun sıxlığı həddən çox yüksəkdir - nəzarət sisteminə daxil edilir-2 (*D8*) [795, 797, 799, 800].

A linqvistik dəyişənin şərtlərinin fuzzifikasiyası üçün $X = [-20, 50]$ universiumunda trapesiya şəkilli qeyri-səlis interval mənsubiyyət funksiyası (şəkil 2.7.1) seçilmiş və aşağıdakı qeyri-səlis çoxluqlar təyin edilmişdir [əlavə 3]:

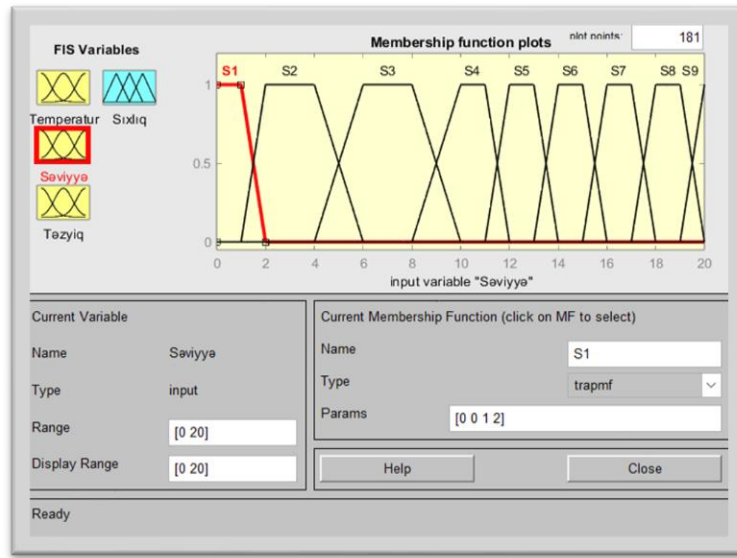
$\widetilde{A}_1 = [-20, -20, -17, -12]$ həddən maksimum aşağı (*T1*); $\widetilde{A}_2 = [-17, -12, -9, -4]$ həddən əhəmiyyətli dərəcədə aşağı (*T2*); $\widetilde{A}_3 = [-9, -4, -1, 4]$ həddən aşağı (*T3*); $\widetilde{A}_4 = [-1, 4, 9, 14]$ bir qədər aşağı (*T4*); $\widetilde{A}_5 = [9, 14, 19, 24]$ normal həddə uyğun (*T5*); $\widetilde{A}_6 = [19, 24, 29, 34]$ həddən bir qədər yüksək (*T6*); $\widetilde{A}_7 = [29, 34, 39, 44]$ həddən yüksək (*T7*); $\widetilde{A}_8 = [39, 44, 47, 50]$ həddən əhəmiyyətli dərəcədə yüksək (*T8*); $\widetilde{A}_9 = [47, 50, 50, 50]$ həddən maksimum yüksək (*T9*).



Şəkil 3.5.1. Neft məhsulunun temperaturu giriş linqvistik dəyişəninin mənsubluq funksiyasının qrafik təsviri

B linqvistik dəyişənin şərtlərinin fəzəfikasiyası üçün $Y = [0, 20]$ universiumunda trapesiya şəkilli qeyri-səlis interval mənsubiyyət funksiyası (şəkil 3.4.2) seçilmiş və aşağıdakı qeyri-səlis çoxluqlar təyin edilmişdir:

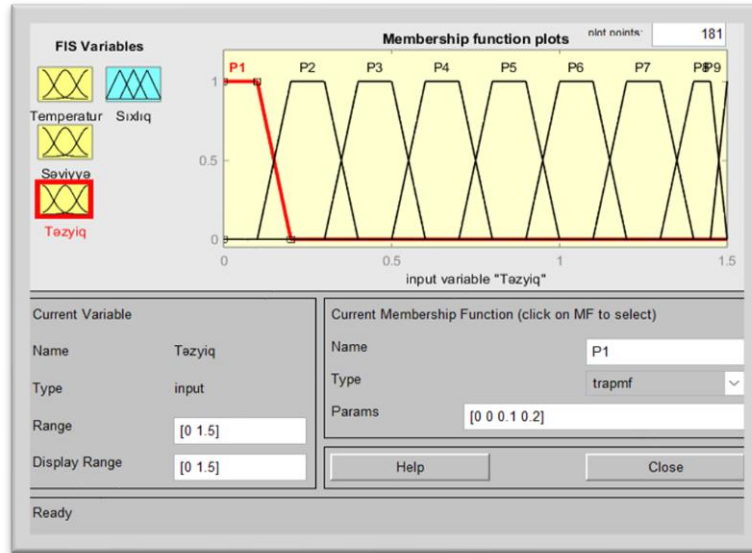
$\widetilde{B}_1 = [0, 0, 1, 2]$ sıfır yaxın-çox aşağı ($S1$); $\widetilde{B}_2 = [1, 2, 4, 6]$ aşağı ($S2$); $\widetilde{B}_3 = [4, 6, 8, 10]$ bir qədər aşağı ($S3$); $\widetilde{B}_4 = [8, 10, 11, 12]$ orta ($S4$); $\widetilde{B}_5 = [11, 12, 13, 14]$ normal həddə uyğun ($S5$); $\widetilde{B}_6 = [13, 14, 15, 16]$ bir qədər yüksək ($S6$); $\widetilde{B}_7 = [15, 16, 17, 18]$ yüksək ($S7$); $\widetilde{B}_8 = [17, 18, 19, 20]$ çox yüksək ($S8$); $\widetilde{B}_9 = [19, 20, 20, 20]$ maksimum yüksək ($S9$).



Şəkil 3.5.2. Neft məhsulunun səviyyəsinin hündürlüyü giriş linqvistik dəyişənin mənsubluq funksiyasının qrafik təsviri

C linqvistik dəyişənin şərtlərinin fəzəfikasiyası üçün $Z = [0, 1.5]$ universiumunda trapesiya şəkilli qeyri-səlis interval mənsubiyyət funksiyası (şəkil 3.4.3) seçilmiş və aşağıdakı qeyri-səlis çoxluqlar təyin edilmişdir:

$\widetilde{C}_1 = [0, 0, 0.1, 0.2]$ çox aşağı ($P1$); $\widetilde{C}_2 = [0.1, 0.2, 0.3, 0.4]$ aşağı ($P2$); $\widetilde{C}_3 = [0.3, 0.4, 0.5, 0.6]$ orta aşağı ($P3$); $\widetilde{C}_4 = [0.5, 0.6, 0.7, 0.8]$ orta ($P4$); $\widetilde{C}_5 = [0.7, 0.8, 0.9, 1]$ normal ($P5$); $\widetilde{C}_6 = [0.9, 1, 1.1, 1.2]$ orta yüksək ($P6$); $\widetilde{C}_7 = [1.1, 1.2, 1.3, 1.4]$ yüksək ($P7$); $\widetilde{C}_8 = [1.3, 1.4, 1.45, 1.5]$ çox yüksək ($P8$); $\widetilde{C}_9 = [1.45, 1.5, 1.5, 1.5]$ maksimum yüksək ($P9$).



Şəkil 3.5.3. Neft məhsulunun izafi təzyiqi giriş linqvistik dəyişəninin mənsubluq funksiyasının qrafik təsviri

D linqvistik dəyişəninin şərtlərinin fəzzifikasiyası üçün $K = [700, 800]$ universiumunda trapesiya şəkilli qeyri-səlis interval mənsubiyyət funksiyası (şəkil 3.4.4) seçilmiş və aşağıdakı qeyri-səlis çoxluqlar təyin edilmişdir:

$\widetilde{D}_1 = [700, 700, 710, 720]$ çox aşağı-nəzarət sisteminə daxil edilir-1 ($D1$);

$\widetilde{D}_2 = [710, 720, 730, 740]$ aşağı - nəzarət sisteminə daxil edilir-1 ($D2$);

$\widetilde{D}_3 = [730, 740, 750, 760]$ orta aşağı - nəzarət sisteminə daxil edilmir ($D3$);

$\widetilde{D}_4 = [750, 760, 765, 770]$ normal - nəzarət sisteminə daxil edilmir ($D4$);

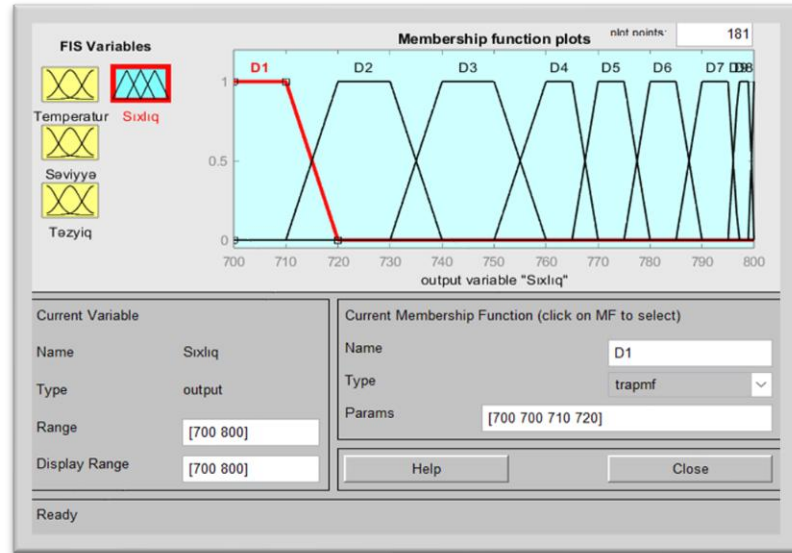
$\widetilde{D}_5 = [765, 770, 775, 780]$ orta yüksəkdir - nəzarət sisteminə daxil edilmir ($D5$);

$\widetilde{D}_6 = [775, 780, 785, 790]$ yüksək - nəzarət sisteminə daxil edilmir ($D6$);

$\widetilde{D}_7 = [785, 790, 795, 797]$ çox yüksək - nəzarət sisteminə daxil edilir-2 ($D7$);

$\widetilde{D}_8 = [795, 797, 799, 800]$ həddən yüksək - nəzarət sisteminə daxil edilir-2 ($D8$);

$\widetilde{D}_9 = [799, 800, 800, 800]$ maksimum yüksək-nəzarət sisteminə daxil edilir-2 ($D9$).



Şəkil 3.5.4. Neft məhsulunun sıxlığı çıxış linqvistik dəyişəninin mənsubluq funksiyasının qrafik təsviri

A linqvistik dəyişəninin term çoxluğunun elementlərinə uyğun qeyri-səlis çoxluqlar aşağıdakı kimi təsvir edilir:

$$\begin{aligned} \tilde{A}(x_1) &= \{(0.000 / -20.00), (1.000 / -18.00), (0.800 / -16.00), (0.400 / -14.00), (0.000 / -12.00)\}; \\ \tilde{A}(x_2) &= \{(0.000 / -17.00), (0.400 / -14.00), (0.800 / -12.00), (1.000 / -10.00), (0.000 / -8.00)\}; \\ \tilde{A}(x_3) &= \{(0.000 / -9.00), (0.400 / -6.00), (0.800 / -4.00), (1.000 / -2.00), (0.000 / 0.00)\}; \\ \tilde{A}(x_4) &= \{(0.000 / -1.00), (0.400 / 2.00), (0.800 / 4.00), (1.000 / 6.00), (0.000 / 8.00)\}; \\ \tilde{A}(x_5) &= \{(0.000 / 9.00), (0.400 / 12.00), (0.800 / 14.00), (1.000 / 16.00), (0.000 / 18.00)\}; \\ \tilde{A}(x_6) &= \{(0.000 / 19.00), (0.400 / 22.00), (0.800 / 24.00), (1.000 / 26.00), (0.000 / 28.00)\}; \\ \tilde{A}(x_7) &= \{(0.000 / 29.00), (0.400 / 32.00), (0.800 / 34.00), (1.000 / 36.00), (0.000 / 38.00)\}; \\ \tilde{A}(x^8) &= \{(0.000 / 39.00), (0.400 / 42.00), (0.800 / 44.00), (1.000 / 46.00), (0.000 / 48.00)\}; \\ \tilde{A}(x_9) &= \{(0.000 / 47.00), (0.500 / 48.00), (1.000 / 49.00), (0.500 / 49.50), (0.000 / 50.00)\}. \end{aligned}$$

B linqvistik dəyişəninin term çoxluğunun elementlərinə uyğun qeyri-səlis çoxluqlar aşağıdakı kimi təsvir edilir:

$$\tilde{B}(x_1) = \{(0.000 / 0.00), (1.000 / 0.20), (1.000 / 0.40), (1.000 / 0.60),$$

$(1.000 / 0.80), (1.000 / 1.00), (0.800 / 1.20), (0.600 / 1.40), (0.400 / 1.60), (0.200 / 1.80), (0.000 / 2.00)\}; \tilde{B}(x_2) = \{(0.000 / 0.00), (0.000 / 0.20), (0.000 / 0.40), (0.000 / 0.60), (0.000 / 0.80), (0.000 / 1.00), (0.200 / 1.20), (0.400 / 1.40), (0.600 / 1.60), (0.800 / 1.80), (1.000 / 2.00)\};$
 $\tilde{B}(x_3) = \{(0.000 / 4.00), (0.250 / 4.50), (0.500 / 5.00), (0.750 / 5.50), (1.000 / 6.00), (1.000 / 6.50), (1.000 / 7.00), (1.000 / 7.50), (1.000 / 8.00), (0.750 / 8.50), (0.500 / 9.00), (0.250 / 9.50), (0.000 / 10.00)\}; \tilde{B}(x_4) = \{(0.000 / 8.00), (0.250 / 8.50), (0.500 / 9.00), (0.750 / 9.50), (1.000 / 10.00), (1.000 / 10.50), (1.000 / 11.00), (0.500 / 11.50), (0.000 / 12.00)\};$
 $\tilde{B}(x_5) = \{(0.000 / 11.00), (0.500 / 11.50), (1.000 / 12.00), (1.000 / 12.50), (1.000 / 13.00), (0.500 / 13.50), (0.000 / 14.00)\}; \tilde{B}(x_6) = \{(0.000 / 13.00), (0.500 / 13.50), (1.000 / 14.00), (1.000 / 14.50), (1.000 / 15.00), (0.500 / 15.50), (0.000 / 16.00)\}; \tilde{B}(x_7) = \{(0.000 / 15.00), (0.500 / 15.50), (1.000 / 16.00), (1.000 / 16.50), (1.000 / 17.00), (0.500 / 17.50), (0.000 / 18.00)\};$
 $\tilde{B}(x_8) = \{(0.000 / 17.00), (0.500 / 17.50), (1.000 / 18.00), (1.000 / 18.50), (1.000 / 19.00), (0.500 / 19.50), (0.000 / 20.00)\};$
 $\tilde{B}(x_9) = \{(0.000 / 19.00), (0.500 / 19.50), (0.000 / 20.00)\};$

C linqvistik dəyişəninin term çoxluğunun elementlərinə uyğun qeyri-səlis çoxluqlar aşağıdakı kimi təsvir edilir:

$\tilde{C}(x_1) = \{(1.0 / 0.05), (1.0 / 0.10), (0.5 / 0.15)\}; \tilde{C}(x_2) = \{(0.5 / 0.15), (1.0 / 0.20), (1.0 / 0.25), (1.0 / 0.30), (0.5 / 0.35)\}; \tilde{C}(x_3) = \{(0.5 / 0.35), (1.0 / 0.40), (1.0 / 0.45), (1.0 / 0.50), (0.5 / 0.55)\}; \tilde{C}(x_4) = \{(0.5 / 0.55), (1.0 / 0.60), (1.0 / 0.65), (1.0 / 0.70), (0.5 / 0.75)\}; \tilde{C}(x_5) = \{(0.5 / 0.75), (1.0 / 0.80), (1.0 / 0.85), (1.0 / 0.90), (0.5 / 0.95)\}; \tilde{C}(x_6) = \{(0.5 / 0.95), (1.0 / 1.00), (1.0 / 1.05), (1.0 / 1.10), (0.5 / 1.15)\}; \tilde{C}(x_7) = \{(0.5 / 1.15), (1.0 / 1.20), (1.0 / 1.25), (1.0 / 1.30), (0.5 / 1.35)\}; \tilde{C}(x_8) = \{(0.5 / 1.35), (1.0 / 1.40), (1.0 / 1.45)\}; \tilde{C}(x_9) = \{(1.0 / 1.50)\}.$

D linqvistik dəyişəninin termlər çoxluğunun elementlərinə uyğun gələn qeyri-səlis çoxluqlar aşağıdakı kimi təsvir edilir:

$$\begin{aligned}
\tilde{D}(x_1) = & \{(0.0 / 700.00), (1.0 / 701.00), (1.0 / 702.00), (1.0 / 703.00), (1.0 / 704.00), \\
& (1.0 / 705.00), (1.0 / 706.00), (1.0 / 707.00), (1.0 / 708.00), (1.0 / 709.00), (1.0 / 710.00), \\
& (0.9 / 711.00), (0.8 / 712.00), (0.7 / 713.00), (0.6 / 714.00), (0.5 / 715.00), (0.4 / 716.00), \\
& (0.3 / 717.00), (0.2 / 718.00), (0.1 / 719.00), (0.0 / 720.00)\}; \tilde{D}(x_2) = \{(0.0 / 710.00), (0.1 / 711.00), \\
& (0.2 / 712.00), (0.3 / 713.00), (0.4 / 714.00), (0.5 / 715.00), (0.6 / 716.00), (0.7 / 717.00), \\
& (0.8 / 718.00), (0.9 / 719.00), (1.0 / 720.00), (1.0 / 721.00), (1.0 / 722.00), (1.0 / 723.00), \\
& (1.0 / 724.00), (1.0 / 725.00), (1.0 / 726.00), (1.0 / 727.00), (1.0 / 728.00), (1.0 / 729.00), \\
& (1.0 / 730.00), (0.9 / 731.00), (0.8 / 732.00), (0.7 / 733.00), (0.6 / 734.00), (0.5 / 735.00), (0.4 / 736.00), \\
& (0.3 / 737.00), (0.2 / 738.00), (0.1 / 739.00), (0.0 / 740.00)\}; \\
\tilde{D}(x_3) = & \{(0.0 / 730.00), (0.1 / 731.00), (0.2 / 732.00), (0.3 / 733.00), (0.4 / 734.00), (0.5 / 735.00), \\
& (0.6 / 736.00), (0.7 / 737.00), (0.8 / 738.00), (0.9 / 739.00), (1.0 / 740.00), (1.0 / 741.00), \\
& (1.0 / 742.00), (1.0 / 743.00), (1.0 / 744.00), (1.0 / 745.00), (1.0 / 746.00), (1.0 / 747.00), \\
& (1.0 / 748.00), (1.0 / 749.00), (1.0 / 750.00), (0.8 / 751.00), (0.6 / 752.00), (0.4 / 753.00), (0.2 / 754.00), \\
& (0.0 / 755.00)\}; \tilde{D}(x_4) = \{(0.0 / 750.00), (0.2 / 751.00), (0.4 / 752.00), (0.6 / 753.00), \\
& (0.8 / 754.00), (1.0 / 755.00), (1.0 / 756.00), (1.0 / 757.00), (1.0 / 758.00), (1.0 / 759.00), \\
& (1.0 / 760.00), (0.8 / 761.00), (0.6 / 762.00), (0.4 / 763.00), (0.2 / 764.00), (0.0 / 765.00)\}; \\
\tilde{D}(x_5) = & \{(0.0 / 765.00), (0.2 / 766.00), (0.4 / 767.00), (0.6 / 768.00), (0.8 / 769.00), (1.0 / 770.00), \\
& (1.0 / 771.00), (1.0 / 772.00), (1.0 / 773.00), (1.0 / 774.00), (1.0 / 775.00), (0.8 / 776.00), \\
& (0.6 / 777.00), (0.4 / 778.00), (0.2 / 779.00), (0.0 / 780.00)\}; \tilde{D}(x_6) = \{(0.0 / 775.00), (0.2 / 776.00), \\
& (0.4 / 777.00), (0.6 / 778.00), (0.8 / 779.00), (1.0 / 780.00), (1.0 / 781.00), (1.0 / 782.00), \\
& (1.0 / 783.00), (1.0 / 784.00), (1.0 / 785.00), (0.8 / 786.00), (0.6 / 787.00), (0.4 / 788.00), \\
& (0.2 / 789.00), (0.0 / 790.00)\};
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tilde{D}(x_7) = & \{(0.0 / 785.00), (0.2 / 786.00), (0.4 / 787.00), (0.6 / 788.00), (0.8 / 789.00), \\ & (1.0 / 790.00), (1.0 / 791.00), (1.0 / 792.00), (1.0 / 793.00), (1.0 / 794.00), \\ & (1.0 / 795.00), (0.666 / 796.00), (0.333 / 797.00), (0.0 / 797.50)\}; \\ \tilde{D}(x_8) = & \{(0.0 / 795.00), (0.5 / 796.00), (1.0 / 797.00), (1.0 / 798.00), (0.0 / 799.00), \\ & (0.0 / 800.00)\}; \tilde{D}(x_9) = \{(0.0 / 799.00), (1.0 / 800.00)\}.\end{aligned}$$

Fazzifikasiya proseduru yerinə yetirildikdən sonra, bütün giriş dəyişənləri üçün qeyri-səlis məntiqi nəticə çıxarma sisteminin qaydalar bazasının alt şərtlərinə daxil olan linqvistik termlərin hər biri üçün mənsubiyyət funksiyalarının xüsusi qiymətləri müəyyən edilir.

Mamdani alqoritmindən istifadə edərək, giriş linqvistik dəyişənlərin hər biri üçün mənsubiyyət funksiyalarının xüsusi qiymətləri müəyyən edilir.

Linqvistik dəyişənin termlərinin mənsubiyyət funksiyalarının qiymətləri nəzərə alınmaqla qaydalar bazasının bütün alt şərtləri hesablanır və aşağıdakı qiymətlər alınır:

$$\begin{aligned}\mu_{\tilde{A}_1}(x) &= 0.0745; \mu_{\tilde{A}_2}(x) = 0.1135; \mu_{\tilde{A}_3}(x) = 0.1135; \mu_{\tilde{A}_4}(x) = 0.1418; \\ \mu_{\tilde{A}_5}(x) &= 0.1418; \mu_{\tilde{A}_6}(x) = 0.1418; \mu_{\tilde{A}_7}(x) = 0.1418; \mu_{\tilde{A}_8}(x) = 0.0993; \\ \mu_{\tilde{A}_9}(x) &= 0.0177; \mu_{\tilde{B}_1}(y) = 0.0610; \mu_{\tilde{B}_2}(y) = 0.1707; \mu_{\tilde{B}_3}(y) = 0.1951; \\ \mu_{\tilde{B}_4}(y) &= 0.1220; \mu_{\tilde{B}_5}(y) = 0.0976; \mu_{\tilde{B}_6}(y) = 0.0976; \mu_{\tilde{B}_7}(y) = 0.0976; \\ \mu_{\tilde{B}_8}(y) &= 0.0976; \mu_{\tilde{B}_9}(y) = 0.0610; \mu_{\tilde{C}_1}(z) = 0.0476; \mu_{\tilde{C}_2}(z) = 0.1667; \\ \mu_{\tilde{C}_3}(z) &= 0.1905; \mu_{\tilde{C}_4}(z) = 0.1190; \mu_{\tilde{C}_5}(z) = 0.0952; \mu_{\tilde{C}_6}(z) = 0.0952; \\ \mu_{\tilde{C}_7}(z) &= 0.0952; \mu_{\tilde{C}_8}(z) = 0.0952; \mu_{\tilde{C}_9}(z) = 0.000; \mu_{\tilde{D}_1}(w) = 0.0476; \\ \mu_{\tilde{D}_2}(w) &= 0.1135; \mu_{\tilde{D}_3}(w) = 0.1135; \mu_{\tilde{D}_4}(w) = 0.1190; \mu_{\tilde{D}_5}(w) = 0.0952; \\ \mu_{\tilde{D}_6}(w) &= 0.0952; \mu_{\tilde{D}_7}(w) = 0.0952; \mu_{\tilde{D}_8}(w) = 0.0952; \mu_{\tilde{D}}(w) = 0.0000.\end{aligned}$$

Qeyri-səlis məntiqi nəticə çıxarma sisteminin hər bir qaydası üçün şərtlərin aqreqasiyası qeyri-səlis implikasiyadan istifadə etməklə həyata keçirilir. Hər bir produksiya qaydası üçün şərtlərin doğruluq dərəcəsi cədvəl 3.5.1-də öz əksini tapmışdır.

Cədvəl 3.5.1.

Aqreqasiya mərhələsinin nəticələri

Produksiya	A dəyişəninin alt şərtlərinin doğruluq dərəcəsi	B dəyişəninin alt şərtlərinin doğruluq dərəcəsi	C dəyişəninin alt şərtlərinin doğruluq dərəcəsi	Şərtlərin doğruluq dərəcəsi
<i>Qayda 1.</i>	0.0745	0.0610	0.0476	0.0476
<i>Qayda 2.</i>	0.1135	0.1707	0.1667	0.1135
<i>Qayda 3.</i>	0.1135	0.1951	0.1905	0.1135
<i>Qayda 4.</i>	0.1418	0.1220	0.1190	0.1190
<i>Qayda 5.</i>	0.1418	0.0976	0.0952	0.0952
<i>Qayda 6.</i>	0.1418	0.0976	0.0952	0.0952
<i>Qayda 7.</i>	0.1418	0.0976	0.0952	0.0952
<i>Qayda 8.</i>	0.0993	0.0976	0.0952	0.0952
<i>Qayda 9.</i>	0.0177	0.0610	0.0000	0.0000

Aktivizasiya proseduru qeyri-səlis produksiya qaydalarının alt nəticələrinin hər birinin q_i ($i = 1, 9$) doğruluq dərəcəsinə təyin edilir. Bunun üçün alt nəticələrin doğruluq dərəcəsinin cəbri hasili və müvafiq qaydanın çəki əmsalı ilə yerinə yetirilir. Hər bir qayda üçün F_i çəki əmsalları vahidə bərabər hesab olunur. Aktivizasiya prosesinin nəticələri cədvəl 3.5.2-də verilmişdir.

Cədvəl 3.5.2.

Produksiya alt nəticələrinin doğruluq dərəcələri

<i>Produksiyalar</i>	<i>Alt nəticələrin doğruluq dərəcəsi</i>
<i>Qayda 1.</i>	0.0476
<i>Qayda 2.</i>	0.1135
<i>Qayda 3.</i>	0.1135
<i>Qayda 4.</i>	0.1190
<i>Qayda 5.</i>	0.0952
<i>Qayda 6.</i>	0.0952
<i>Qayda 7.</i>	0.0952
<i>Qayda 8.</i>	0.0952
<i>Qayda 9.</i>	0.0000

q_i ($i = \overline{1,9}$), çoxluğunu tapdıqdan sonra p_i produksiya qaydalarının alt nəticələrinin hər birinin mənsubiyyət funksiyaları qeyri-səlis kompozisiya metodu ilə tapılır $\mu(p_i) = \min\{q_i, \mu_{\widetilde{c}}(x_i)\}$, $i = \overline{1,9}$: burada $\mu_{\widetilde{c}}(x_i)$ və q_i - müvafiq olaraq çıxış linqvistik dəyişənlərin termlərinin mənsubiyyət funksiyası və p_i qeyri-səlis produksiya qaydaları alt nəticələrinin doğruluq dərəcəsidir.

$$\mu(p_1) = \min\{q_1, \mu_{\widetilde{d}_3}(745)\} = \min\{0.0476, 1.000\} = 0.0476;$$

$$\mu(p_2) = \min\{q_2, \mu_{\widetilde{d}_3}(745)\} = \min\{0.1135, 1.000\} = 0.1135;$$

$$\mu(p_3) = \min\{q_3, \mu_{\widetilde{d}_3}(745)\} = \min\{0.1135, 1.000\} = 0.1135;$$

$$\mu(p_4) = \min\{q_4, \mu_{\widetilde{d}_4}(755)\} = \min\{0.1190, 1.000\} = 0.1190;$$

$$\mu(p_5) = \min\{q_5, \mu_{\widetilde{d}_5}(770)\} = \min\{0.0952, 1.000\} = 0.0952;$$

$$\mu(p_6) = \min\{q_6, \mu_{\widetilde{d}_6}(775)\} = \min\{0.0952, 1.000\} = 0.0952;$$

$$\mu(p_7) = \min\{q_7, \mu_{\widetilde{d}_7}(790)\} = \min\{0.0952, 1.000\} = 0.0952;$$

$$\mu(p_8) = \min\{q_8, \mu_{\widetilde{d}_8}(780)\} = \min\{0.0952, 1.000\} = 0.0952;$$

$$\mu(p_9) = \min\{q_9, \mu_{\widetilde{d}_1}(705)\} = \min\{0.0952, 1.000\} = 0.0000;$$

Aktiv qaydalar aşağıdakılardır:

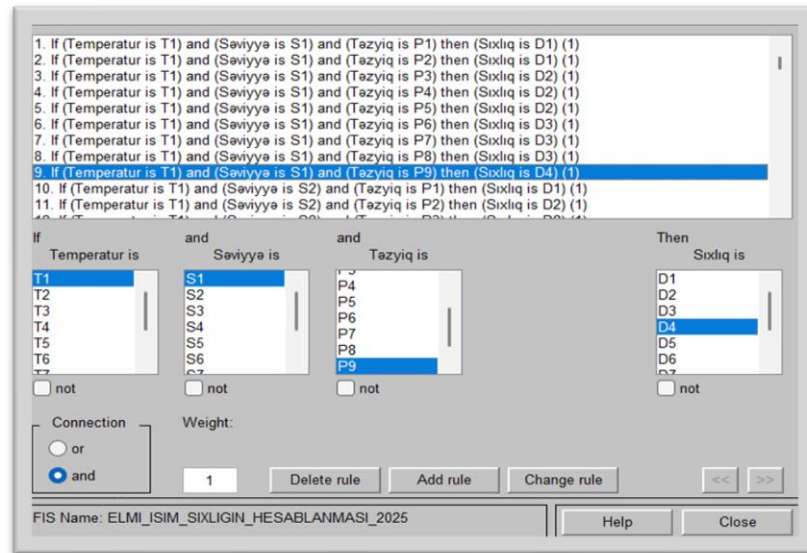
$$\mu(p_1) = 0.0476; \mu(p_2) = \mu(p_3) = 0.1135; \mu(p_4) = 0.1190;$$

$$\mu(p_5) = \mu(p_6) = \mu(p_7) = \mu(p_8) = 0.0952; \mu(p_9) = 0.000.$$

Defazifikasiya prosesi çıxış linqvistik dəyişənin mənsubiyyət funksiyasından onun kəmiyyət qiymətinə keçidinə defazifikasiya deyilir. Ağırlıq mərkəzi metodundan istifadə edərək "qeyri-müəyyənlik şəraitində neft məhsulunun cari sıxlığının təyin edilməsi" çıxış linqvistik dəyişənin defazifikasiyası nəticəsində aşağıdakı qiymətlər alınır [əlavə 9].

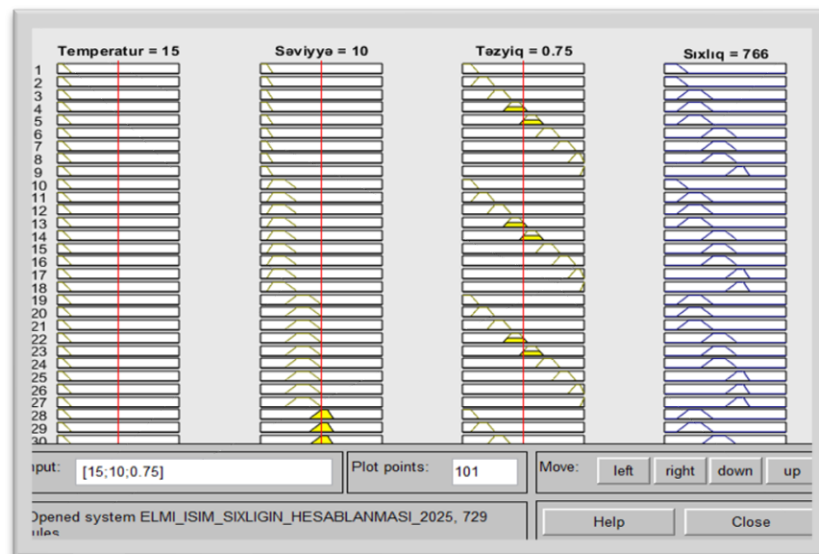
$$x = \frac{\sum \mu(p_i) \cdot d_i}{\sum \mu(p_i)} = \frac{590.8875}{0.7744} = 763.026214 \text{ kg/m}^3$$

MATLAB mühitində qeyri-müəyyənlik şəraitində neft məhsulunun sıxlığının təyin edilməsi üçün qeyri-səlis modelin hazırlanması. **Rule Editor** redaktorundan istifadə edərək “qeyri-müəyyənlik şəraitində neft məhsulunun sıxlığının təyin edilməsi” üçün qeyri-səlis nəticə çıxarma sistemi üçün qaydalar redaktorunun qrafik interfeysi tərtib edilmiş və şəkil 3.5.5-də göstərilmişdir.



Şəkil 3.5.5. Qeyri-müəyyənlik şəraitində neft məhsulunun sıxlığını təyin etmək üçün qeyri-səlis nəticə çıxarma sistemi üçün qaydalar redaktorunun qrafik interfeysi

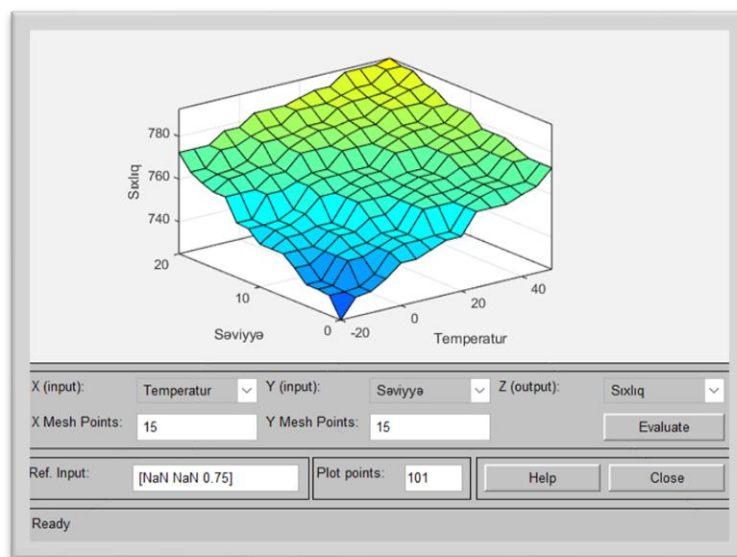
Tərtib edilmiş qeyri-səlis nəticə çıxarma sistemini qiymətləndirmək üçün [15; 10; 0.75] giriş qiymətləri daxil edilmiş və “qeyri-müəyyənlik şəraitində neft məhsulunun sıxlığının təyin edilməsi” üçün ağırlıq mərkəzi (centroid) metodu əsasında defazifikasiya mərhələsində çıxış linqvistik dəyişənin kəmiyyət qiyməti 766 kg/m^3 olaraq təyin edilmişdir (şəkil 3.5.6).



Şəkil 3.5.6. Qeyri-səlis produksiyalar bazasında qaydalara uyğun nəticələrin qrafik təsviri

Bu nəticə yaradılmış Fuzzy modelin qeyri-müəyyənlik şəraitində dəqiq və real cavablar verdiyini təsdiqləyir, bu da sistemin elmi və funksional adekvatlığını göstərir.

"Qeyri-müəyyənlik şəraitində neft məhsullarının sıxlığını təyin etmək üçün işlənmiş qeyri-səlis çıxışının ümumi təhlili üçün qeyri-səlis çıxışın səthi vizuallaşdırılmışdır (şəkil 3.5.7). Bu da qeyri-səlis giriş və çıxış dəyişənləri arasında əlaqə yaratmağa imkan verir.



Şəkil 3.5.7. Neft məhsulunun sıxlığı linqvistik dəyişəninin məntiqi nəticə çıxarma qrafik təsviri

Qeyri-səlis Petri şəbəkələri şəklində rezervuarda neft məhsulunun texnoloji proseslərinin idarə edilməsi modeli işlənmişdir [97, s. 6]. Şəbəkə keçidlərinin strukturu və idarə edilməsi qaydaları müəyyən edilmişdir. Kompüter eksperimenti əsasında ilkin markerləmədən keçidlərin ardıcılığı əldə edilmişdir. Qeyri-müəyyənlik şəraitində neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsi üçün qərar qəbulətmə modeli işlənilib hazırlanmışdır. Rezervuarda neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsi üçün qaydalar bazası yaradılmışdır. Bütün giriş linqvistik dəyişənlərin fəzələşdirilməsi həyata keçirilmişdir. *Fuzzy Logic Tool Box* genişlənmə paketini istifadə edərək *Matlab* mühitində aktivizasiya və akkumulyasiya prosedurları həyata keçirilmişdir [39, s. 58, 82, s. 206, 87, s. 19]. Çıxış linqvistik dəyişənlərin mənsubiyyət funksiyasının qiymətləri hesablanmışdır.

Defazzifikasiya nəticəsində çıxış dəyişənlərinin kəmiyyət qiymətləri müəyyən edilmişdir.

3.6. MATLAB/Simulink mühitdə neft məhsulunun sıxlığının təyini və tənzimlənməsi modelinin realizasiyası

Neft məhsulunun texnoloji proseslərdə təhlükəsiz və səmərəli istifadəsi üçün sıxlığın dəqiq təyin olunması mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Qeyri-müəyyən mühitdə rezervuarlarda temperatur, təzyiq və səviyyə kimi fiziki parametrlərin dəyişkən olduğu hallarda bu parametrlin avtomatik və real vaxt rejimində qiymətləndirilməsi tələb olunur [85, s.163-197]. Klassik riyazi modellər bu cür mühitlərdə qeyri-xətti dəyişmələri dolğun şəkildə nəzərə ala bilmir. Bu səbəbdən də qeyri-səlis məntiq yanaşması praktik və intellektual, alternativ üsul kimi seçilir. Qeyri-səlis sistemlər qeyri-müəyyənliyi nəzərə alaraq çoxsaylı dəyişənlər arasında məntiqi əlaqələr qurmağa imkan verir. Yaradılmış qeyri-səlis məntiq əsaslı idarəetmə modeli neft məhsulunun sıxlığını həm təyin edir, həm də tənzimləyir. Model *MATLAB/Simulink* mühitində qurularaq real verilənlər əsasında sınaqdan keçirilmişdir. Həm xam neft, həm də neft məhsulları üçün ayrı-ayrı qeyri-səlis sistemlər tərtib edilmiş, mənsubiyyət funksiyaları və qaydalar bazaları fərqli şəkildə hazırlanmışdır. Nəticədə, sistem qeyri-müəyyən mühitdə stabil işləyərək çıxışda dəqiq və idarəolunan sıxlıq qiymətlərini təqdim etmişdir.

Təqdim olunan modeldə üç giriş dəyişəni (temperatur, səviyyə, təzyiq) tam şəkildə sistemə daxil edilmiş və hər biri üçün 9 mənsubiyyət funksiyası ilə dəqiq fazzifikasiya aparılmış və 729 qaydadan ibarət güclü və real məntiqə əsaslanan qaydalar bazası qurulmuşdur. Sistemin çıxışı yalnız qiymətləndirmə üçün deyil, həmçinin tənzimləmə üçün istifadə edilmişdir. Model Simulink mühitində qurulmuş və real zaman rejimində işləməsi təmin olunmuşdur.

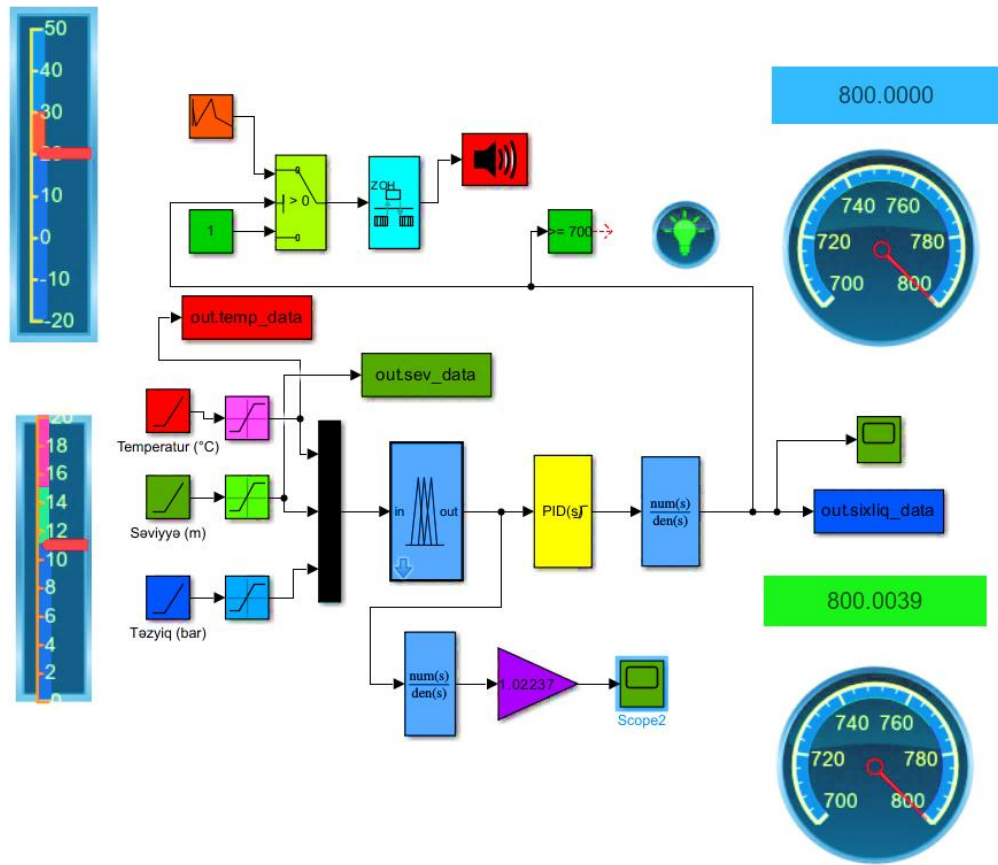
Hazırlanmış idarəetmə sistemi müasir idarəetmə texnologiyalarının tələblərinə cavab verən modul yanaşma prinsipləri əsasında qurulmuşdur. Burada qeyri-səlis qərar qəbuletmə məsələsi və idarəetmə mexanizmləri ayrı-ayrı funksional bloklar

şəklində tərtib edilmiş və hər biri öz daxilində müstəqil işləyəcək şəkildə dizayn olunmuşdur.

Qeyri-səlis qərar qəbuletmə modeli ayrıca *.fis (Fuzzy Inference System)* faylı şəklində *MATLAB Fuzzy Logic Toolbox* mühitində hazırlanmışdır. Bu modul daxil olan giriş dəyişənlərini (temperatur, səviyyə və təzyiq) Fuzzy fuzzifikasiya mərhələsindən keçirərək, qabaqcadan müəyyən edilmiş 729 Fuzzy qaydaya əsasən çıxış dəyişəninin (sıxlığın) qeyri-səlis qiymətləndirilməsini təmin edir. Sonrakı mərhələdə defuzzifikasiya prosesi vasitəsilə əldə olunan Fuzzy çıxış, konkret fiziki sıxlıq qiymətlərinə çevrilir.

İdarəetmənin tətbiqi və real vaxt rejimində simulyasiyası isə Simulink mühitində tərtib edilmişdir. Simulink modelində qeyri-səlis qərar qəbuletmə modeli birbaşa *Fuzzy Logic Controller* bloku vasitəsilə integrasiya olunmuş, giriş dəyişənləri isə *Constant* və ya *Ramp* blokları vasitəsilə verilmişdir. Çıxış dəyişənləri *Scope*, *Display* və *Gauge* blokları vasitəsilə vizuallaşdırılmış və analiz olunmuşdur. Bu modulyar yanaşmanın tətbiqi nəticəsində idarəetmə sisteminin ayrı-ayrı komponentləri asanlıqla dəyişdirilə və ya təkmilləşdirilə bilər. *.fis* faylı vasitəsilə qeyri-səlis qaydalar bazası və mənsubiyyət funksiyaları istənilən vaxt təkmilləşdirilərək yeni simulyasiya ssenariləri yaradıla bilər.

İşlənmiş model həm Fuzzy çıxışlı idarəetmə, həm də PID tənzimləyici ilə gücləndirilmiş idarəetmə yanaşmalarını özündə birləşdirərək iki fərqli nəticə təqdim edir. Struktur sxemindən də göründüyü kimi, model iki əsas hissədən ibarətdir [91, s.313-359]: *MATLAB/Simulink* mühitində qurulmuş və prosesin dinamikasına uyğun şəkildə konfigurasiya olunmuş *Fuzzy Logic Controller* → *Transfer Function* zəncirindən ibarət klassik Fuzzy əsaslı idarəetmə modulu və bu modul ilə paralel şəkildə işləyən, *Fuzzy Logic Controller* → *Transfer Function* → *PID Controller* ardıcılığına əsaslanan təkmilləşdirilmiş idarəetmə modulu (şəkil 3.6.1).



Şəkil 3.6.1. MATLAB/Simulink mühitində rezervuarlarda neft məhsulunun sıxlığının təyini üçün hibrid modelin struktur sxemi

Simulink modeli, qeyri-müəyyən mühitdə neft məhsulunun sıxlığının yüksək dəqiqliklə təyini və tənzimlənməsi məqsədi ilə hazırlanmışdır. Model Fuzzy logic PID idarəetmə metodları ilə kombinə edilmişdir və sistem aşağıdakı prinsip üzrə işləyir: modelin başlanğıcında temperatur ($^{\circ}C$), səviyyə (m) və təzyiq (bar) kimi əsas fiziki dəyişənlər istifadəçidən və ya sensorlardan daxil edilir; bu siqnallar MUX blokunda birləşdirilərək *Fuzzy logic* idarəetməyə ötürülür; *Fuzzy Logic Controller* daxil olan temperatur, səviyyə və təzyiq qiymətlərini təhlil edərək sıxlıq signalına uyğun Fuzzy çıxış formalaşdırır; bu çıxış qeyri-xətti qaydalar əsasında “təxmin edilmiş sıxlıq” kimi işlənir. Hər iki idarəetmə çıxışı real sistemin dinamikasını modelləşdirən Transfer funksiyası ilə ötürülür. Bu blok modelin zaman reaksiyasını və keçici rejim davranışını simulyasiya edir. Modeldə əldə olunan nəticələr Gauge göstəriciləri, Display və Scope qrafikləri vasitəsilə vizual formada təqdim olunur.

Bu sistem sayəsində həm Fuzzy, həm də *Fuzzy+PID* yanaşmaları real vaxt anında müqayisə olunur. Nəticədə *Fuzzy+PID* yanaşması istənilən qiymətə tam uyğunlaşma göstərərək sıfıra yaxın xəta ilə cavab verir. Yalnız Fuzzy çıxış isə praktiki baxımdan yüksək dəqiqliklə nəticə verir və tənzimləmə olmadan da qənaətbəxş işləyir.

Bu hibrid yanaşmanın tətbiqi, idarəetmə sisteminin cavab dəqiqliyini və sabitliyini artırmaq baxımından mühüm üstünlüklər təmin edir. Belə ki, yalnız Fuzzy çıxışlı idarəetmə modulunda sistem qeyri-səlis qaydalar və mənsubiyyət funksiyaları əsasında qərar qəbul etdiyi halda, ikinci paralel modulda Fuzzy nəticəsi əlavə olaraq PID tənzimləyici vasitəsilə təkmilləşdirilir. Bu struktur PID tənzimləyicinin klassik üstünlükləri ilə Fuzzy idarəetmənin çevikliyini birləşdirərək, keçici rejimdə yaranan xətalara daha tez aradan qaldırılmasına və sistemin daha dəqiq referens (istənilən) qiymətə yaxınlaşmasına imkan yaradır.

Modeldə istifadə olunan giriş dəyişənləri aşağıda göstərilən fiziki parametrlərdir:

$$\text{Temperatur} - T \in [-20, 50]^{\circ}\text{C}; \quad \text{Səviyyə} - S \in [0, 20]m;$$

$$\text{Təzyiq} - P \in [0, 1.5]bar.$$

Bu dəyişənlər Simulink modelində xüsusi *Ramp blokları* və real sensorlara uyğunlaşdırılmış vizual indikatorlar vasitəsilə verilir və Fuzzy sisteminə daxil edilir. Modelin əsasını Mamdani tipli çıxış generatoru təşkil edir. Hər bir giriş dəyişəni üçün 9 trapesiyaşəkilli mənsubiyyət funksiyası təyin olunmuşdur. Bu yanaşma, sistemin qeyri-müəyyən və qeyri-səlis vəziyyətlərdə belə daxili dinamikasını effektiv şəkildə modelləşdirməyə şərait yaradır. Müvafiq qaydalar bazası isə aşağıdakı struktur prinsipinə əsaslanır:

$$\text{Əgər } T \in T_i \text{ VƏ } S \in S_j \text{ VƏ } P \in P_k \text{ Onda } D \in D_i ,$$

burada T_i , S_j , P_k -giriş fuzzifikasiyası nəticəsində aktiv olan termlərdir. D_i isə çıxışda sıxlığın Fuzzy qarşılığıdır. Çıxışın defuzzifikasiyası mərhələsində mərkəz-ağırlıqlı (Centroid) metodundan istifadə olunur:

$$D_{fuzzy} = \frac{\int x \cdot \mu_D(x) dx}{\int \mu_D(x) dx} ,$$

burada, $\mu_D(x)$ sıxlığın mənsubiyyət funksiyasıdır. Bu üsul daha real və sabit nəticə verməsi ilə seçilir. Hazırlanmış Fuzzy çıxışın daha dəqiq tənzimlənməsi və real sistemə uyğunlaşdırılması məqsədilə modelə klassik PID (proportional-integral-derivative) nəzarət sistemi integrasiya olunmuşdur. Bu nəzarət sistemi Fuzzy nəticə ilə istənilən sıxlıq qiyməti arasında yaranan xətanı azaldaraq sistemin dinamik cavabını optimallaşdırır [85, s.292-328]:

$$e(t) = D_{ref} - D_{fuzzy} ,$$

burada, D_{ref} -istənilən sıxlıq qiyməti (800 kg/m^3), D_{fuzzy} -Fuzzy məntiq sistemi tərəfindən təyin olunmuş çıxış sıxlığıdır. PID nəzarət sisteminin çıxışı aşağıdakı riyazi ifadə ilə müəyyən olunur [86, s.478]:

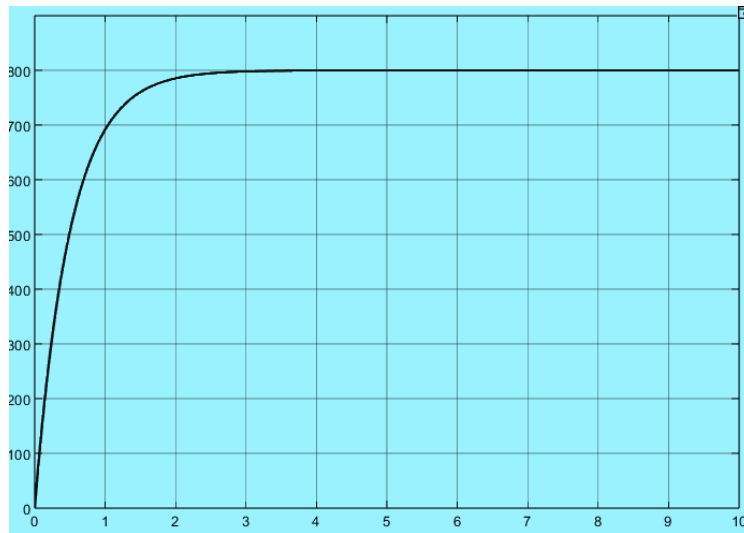
$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int e(t)dt + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt} ,$$

burada, K_p , K_i , K_d - müvafiq olaraq proporsional, integral və törəmə əmsalları, $u(t)$ - PID blokundan çıxan idarəetmə signalıdır. Bu idarəetmə signalı son mərhələdə sistemin dinamik davranışını modelləşdirən ötürmə funksiyası blokuna ötürülür [92, s.324-370]:

$$G(s) = \frac{1}{0.5s + 1} .$$

Bu transfer funksiyası, Fuzzy-PID tənzimləmə nəticələrinin real fiziki prosese (məsələn, neft məhsulunun sıxlığının dəyişməsi) necə tətbiq olunacağını göstərən keçid modelidir. Simulink mühitində bu blok $num(s)/den(s)$ şəklində realizə olunur və nominator/denominator əmsalları vasitəsilə sistemin gecikmə, sürət və sabillik xüsusiyyətləri daxil edilir.

Alınan nəticələr göstərir ki, bu yanaşma ilə sistemin cavabında mütləq və nisbi xəta minimuma endirilir, bu da onu sənaye tətbiqləri üçün yüksək etibarlı və optimallaşdırılmış idarəetmə modeli halına gətirir. Beləliklə, Fuzzy-PID kombinasiyası, fərdi idarəetmə metodlarının məhdudiyyətlərini kompensasiya edərək, ümumi sistem performansını əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırır.

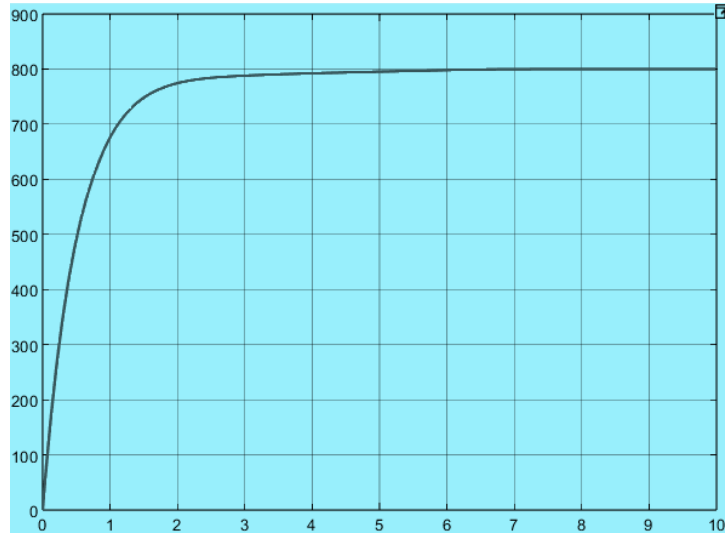


Şəkil 3.6.2. PID tənzimləyici ilə təkmilləşdirilmiş idarəetmə modulunda sıxlıq (kg/m^3) çıxış siqnalının zamandan (saniyə) asılılıq qrafiki

Şəkil 3.6.2-də verilmiş qrafik Fuzzy-PID idarəetmə modelindən əldə olunan sıxlıq çıxış siqnalının zamanla dəyişməsinə təsvir edir. Qrafikdə sıxlıq siqnalı başlanğıcda 0-dan başlayaraq sürətlə yüksəlir və təqribən 2.5 saniyə ərzində 800 kg/m^3 istinad qiymətinə yaxınlaşaraq sabitlik rejiminə keçir. Bu cavab yüksək çeviklik və kritik dərəcədə az keçid anı ilə idarəetmə sisteminin operativliyini sübut edir. Sabit rejimdə siqnalın dalğalanmaması və sabit 800 qiymətində qalması PID tənzimləyicinin effektiv korreksiya qabiliyyətini nümayiş etdirir [92, s.478-525]. Qrafik təsvir vizual olaraq göstərir ki, model istənilən sıxlıq dəyərinə maksimal dəqiqlik və minimal xəta ilə çatır, bu da nəzarət sisteminin praktik tətbiqlərdə mükəmməl uyğunluqla işlədiyini sübut edir.

Şəkil 3.6.3-də Fuzzy logic əsaslı idarəetmə modelindən əldə edilən sıxlıq çıxış siqnalının zamanla dəyişməsi təsvir olunur. Çıxış siqnalı təqribən 1 saniyə ərzində sürətlə yüksələrək istinad qiyməti olan 800 kg/m^3 -ə yaxınlaşır və təxminən 3 saniyədə sabitlik rejiminə keçir. Qrafikdə çox kiçik amplitudada fərqi ilə 800.0039 kg/m^3 kimi təyin olunan çıxış Fuzzy modelin yüksək dəqiqliklə işlədiyini sübut edir. Lakin PID tənzimləyici ilə müqayisədə burada cəmi 0.0039-luq mütləq xəta mövcuddur ki, bu da sistemin real vaxt tətbiqləri üçün praktik olaraq qənaətbəxş

olduğunu göstərir. Yekunda, Fuzzy model mürəkkəb qeyri-səlis şərtləri nəzərə almaqla istənilən qiymətə çox yaxın nəticə verir və yüksək cavab sürəti ilə fərqlənir.



Şəkil 3.6.3. Fuzzy çıxışlı idarəetmə modulunda sıxlıq (kg/m³) çıxış signalının zamandan (saniyə) asılılıq qrafiki

İdarəetmə sisteminin nəticəsini qiymətləndirmək üçün çıxış signalı ilə istənilən qiymət arasındakı fərqi müxtəlif xəta ölçüləri əsasında təhlili mühüm əhəmiyyət daşıyır [91, s.401-405]. Simulink mühitində yaradılmış modeldə əsas xəta ölçüləri aşağıdakı qaydada hesablanmışdır [əlavə 4]:

Model 1: Yalnız Fuzzy çıxışı üçün tərtib olunmuş modelin xəta hesablamaları

Çıxış signalı: $y(t) = 800.0039$; İstənilən signal: $r(t) = 800$.

Zaman intervalı: $t_0 = 3$; $t_f = 10$ və aralıq məsafə $T = t_f - t_0 = 7$ saniyə;

$$e(t) = r(t) - y(t) = 800 - 800.0039 = 0.0039.$$

1. Mütləq xəta (Abs error):

$$Abs\ error = |800 - 800.0039| = 0.0039.$$

2. Nisbi xəta % (Relative error):

$$Rel.\ error = \frac{0.0039}{800} \times 100 = 0.004875\%.$$

3. Kvadratik xəta (İSE-Integral of squared error):

$$ISE = \int_{t_0}^{t_f} [e(t)]^2 dt \approx e^2 \cdot T = (-0.0039)^2 \cdot 7 = 0.00001521 \cdot 7 = 0.0001065.$$

4. Modul xəta (İAE- Integral of absolute error):

$$\dot{IAE} = \int_{t_0}^{t_f} |e(t)| dt \approx |e| \cdot T = |0.0039| \cdot 7 = 0.0273.$$

5. Orta kvadratik xəta (MSE):

$$MSE = \frac{ISE}{T} = \frac{0.0001065}{7} = 0.00001521.$$

6. Orta modul xəta (MAE):

$$MSE = \frac{IAE}{T} = \frac{0.0273}{7} = 0.0039.$$

Model 2: Fuzzy + PID modeli üçün xəta hesablamaları

Çıxış signalı: $y(t) = 800.000$; İstənilən signal : $r(t) = 800$.

Zaman intervalı: $t_0 = 3$; $t_f = 10$ və aralıq məsafə $T = t_f - t_0 = 7$ saniyə;

$$e(t) = r(t) - y(t) = 800 - 800 = 0.$$

1. Mütləq xəta (Abs error):

$$Abs\ error = |800 - 800.000| = 0.0000.$$

2. Nisbi xəta % (Relative error):

$$Rel.\ error\% \left| \frac{r - Y_{son}}{r} \right| \times 100 = 2.5 \times 10^{-7}\%;$$

$$Rel.\ error = \frac{0.0000}{800} \times 100 = 0.0000000\%;$$

$$Rel.\ error \approx 0.000000\%.$$

3. Kvadratik xəta (ISE-Integral of squared error):

$$ISE = \int_{t_0}^{t_f} e(t)^2 dt \approx \sum e_i^2 \cdot \Delta t; ISE = \sum_{i=1}^n (800 - y_i)^2 \cdot \Delta t.$$

$$e_i = 0 = e_i^2 = 0 \Rightarrow ISE = 0; \dot{ISE} = 0^2 \times 7 = 0; \ddot{ISE} = 0.$$

4. Modul xəta (IAE): $\dot{IAE} = 0 \times 7 = 0$.

5. Orta kvadratik xəta (MSE): $MSE = \frac{0}{7} = 0$.

6. Orta modul xəta (MAE): $MSE = \frac{0}{7} = 0$.

Bütün xəta göstəricilərinin düsturlar üzrə hesablanması xəta signalı sıfır olduğundan riyazi olaraq ISE, IAE, MSE, MAE, Abs və Rel.error hamısı sıfır alınmışdır. Bunun nəticəsində PID-lə təkmilləşdirilmiş Fuzzy idarəetmə modelinin

istənilən signala maksimum uyğunluqla cavab verdiyini və sıfır xəta ilə işlədiyini sübut edir.

Aşağıda Fuzzy idarəetmə yanaşması ilə Fuzzy-PID kombinasiyasının göstəricilərinin müqayisə cədvəli verilmişdir (cədvəl 3.6.1). Bu cədvəl stabil rejimində çıxış signalının istənilən qiymətə nə qədər yaxın olduğunu, xətaların minimal səviyyəyə endirilib-endirilmədiyini açıq şəkildə göstərir:

Cədvəl 3.6.1.

Hibrid modelin müqayisəli təhlili

Xəta	<i>Fuzzy</i> qeyri-səlis məntiqə əsaslanan idarəetmə modelinin nəticələri	Fuzzy+PID qeyri-səlis məntiq və klassik PID idarəetmə metodlarının birgə tətbiq olunduğu hibrid idarəetmə modelinin nəticələri
<i>ISE (kvadratik xəta)</i>	0.983205	0.0001065
<i>IAE (modul xəta)</i>	0.991533	0.0273
<i>MSE (orta kvadratik xəta)</i>	0.140458	0.00001521
<i>MAE (orta modul xəta)</i>	0.141648	0.0039
<i>Mütləq xəta</i>	0.0039	0.0000
<i>Nisbi xəta %</i>	0.0004875%	0.000000%
<i>İstənilən qiymət</i>	800	800
<i>Çıxış qiyməti</i>	800.0039	800.000

Beləliklə, Fuzzy tənzimləyici ilə PID idarəetmə yanaşmasının birlikdə istifadəsi nəticəsində sistemin cavabı daha az xətaya malik olmuş, istənilən sıxlıq qiymətinə daha stabil və dayanıqlı şəkildə çatmışdır. Alınan nəticə idarəetmə sisteminin sənaye tətbiqləri üçün yüksək etibarlılığa və dəqiqliyə malik olduğunu sübut edir.

Təqdim olunan idarəetmə modelinin MATLAB/Simulink mühitində qurulması və sıxlıq çıxış signalı üzərində aparılan analiz nəticələri göstərir ki, sistem qeyri-

müəyyənlik şəraitində istənilən qiymətə (800 kg/m^3) son dərəcə yüksək dəqiqliklə yaxınlaşır. Xəta kriteriyaları üzərində aparılan hesablamalar modelin sabitlik rejimində stabil, effektiv və sərfəli şəkildə işləmə qabiliyyətini təsdiqləyir. Fuzzy logic və PID yanaşmalarını birləşdirən hibrid idarəetmə strukturu istənilən qiymətə çatmaq üzrə optimal cavab verir və real vaxt rejimində nəzarət üçün uyğunluğunu göstərir. Bu yanaşmanın sənaye sahələrində istifadəsinin effektivliyi, adaptivlik qabiliyyəti və qeyri-müəyyən mühitdə dəqiq nəticələr vermə potensialı bu modeli praktik baxımdan olduqca qiymətli edir.

III fəslin nəticələri:

1. Qeyri-müəyyən şəraitdə rezervuarda neft məhsulunun temperaturunun təyini modeli qeyri-səlis Petri şəbəkəsi şəklində işlənmişdir. Mövqelər, keçidlər çoxluğu təyin edilmiş, giriş və çıxış insidentlik funksiyaları matris şəklində təsvir olunaraq modelin strukturu formalaşdırılmışdır. Kompüter simulyasiyası reallaşdırılaraq şəbəkənin keçidlər ardıcılığı trayektoriyası tapılmışdır. Rezervuarda temperaturun təyini şəbəkə modelinin qraf-sxemi qurulmuşdur.

2. Qeyri-müəyyən şəraitdə rezervuarda neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsi üçün qərar qəbulətmə modeli işlənmişdir. Modelin qeyri-səlis produksiyalar sisteminə əsaslanan qaydalar bazası yaradılmışdır. Qaydalar bazasına daxil olan giriş və çıxış linqvistik dəyişənləri və onların term çoxluqları təyin edilmiş, şərtlərin fuzzifikasiyası proseduru reallaşdırılmış, dəyişənlərin termlər çoxluğunun elementlərinə uyğun qeyri-səlis çoxluqlar təsvir edilmişdir. Qaydaların çıxış dəyişənlərinin defuzzifikasiyası reallaşdırılaraq kəmiyyət qiymətləri alınmışdır.

3. Qeyri-müəyyən şəraitdə neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsinin C_f tipli qeyri-səlis Petri şəbəkəsi şəklində modeli işlənmişdir. Şəbəkənin mövqelər, keçidlər çoxluğu, mənsubluq dərəcəsi funksiyası və həyəcənlanma həddi vektorlarının elementləri təsvir edilmiş, modelin strukturu təyin olunmuşdur. Kompüter eksperimenti nəticəsində modelin keçidlər ardıcılığı trayektoriyası

tapılmışdır. Neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsi modelinin qraf-sxemi qurulmuşdur.

4. Qeyri-müəyyən şəraitdə neft məhsulunun sıxlığının təyini üçün qərar qəbul etmə modeli işlənmişdir. Modelin qeyri-səlis produksiyalara əsaslanan qaydalar bazası yaradılmışdır. Bazaya daxil olan giriş və çıxış linqvistik dəyişənlər, onların term çoxluqları təyin edilmiş, şərtlərin fəzzifikasiyası reallaşdırılmış, dəyişənlərin termlər çoxluğunun elementlərinə uyğun qeyri-səlis çoxluqlar təsvir olunmuşdur. Qaydalar bazasının çıxış dəyişənlərinin defəzzifikasiyası proseduru reallaşdırılmış, onların ədədi qiymətləri alınmışdır.

5. Rezervuarda neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsi və sıxlığının təyini modellərinin simulyasiyası MATLAB/Simulink mühitində Fuzzy və PID nəzarət sistemlərinin inteqrasiyası əsasında reallaşdırılmışdır.

IV FƏSİL. NEFT MƏHSULLARININ NƏQL OLUNMASI ÜSULLARI, XÜSUSİYYƏTLƏRİ VƏ AVTOMATLAŞDIRILMIŞ LOGİSTİKASI MODELLƏRİNİN İŞLƏNMƏSİ

4.1. Neft məhsullarının nəql olunması üçün paylayıcı neft bazalarının xüsusiyyətləri

Paylayıcı neft bazaları istehlakçıları neft məhsulları ilə təmin etmək üçün fəaliyyət göstərən sənaye kompleksidir [13, s.177-179]. Bu tip neft bazaları qəbuledici-paylayıcı neft bazalarına nisbətən daha kiçik tutuma malik olub, qısamüddətli saxlama və məhdud xidmət sahələri üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Paylayıcı neft bazaları ikinci və üçüncü kateqoriyalı, yəni tutumu 30 000 m³-ə qədər olan neft bazalarına aid edilir [53, s.82-88]. Nadir hallarda isə bu tip neft bazaları daha böyük tutuma malik ola bilər. Paylayıcı neft bazaları neft məhsullarını dəmir yolu, su, boru kəməri və avtomobil nəqliyyatından qəbul edir və bu məhsulları dəmir yolu vaqonlarına, kiçik barjlara, avtosisternlərlə və kiçik konteynerlərə yükləməklə paylayırlar.

Neft və neft məhsullarının dəmir yolu nəqliyyatı ilə daşınması avtomobil nəqliyyatı ilə müqayisədə çevik olmasa da, daha az xərc tələb edən nəql üsuludur. Boru kəməri vasitəsilə daşınması mümkün olmayan neft və neft məhsulları dəmir yolu nəqliyyatı ilə nəql olunur (bitum, sürtkü yağları, maşın yağı). Həmçinin, avtomobil nəqliyyatı ilə daşınması təhlükəli olan neft-kimya məhsullarının da müxtəlif növləri bir qayda olaraq dəmir yolu nəqliyyatıyla daşınır. Neft məhsullarının dəmir yolu nəqliyyatı ilə daşınması qalınlığı 8 mm-dən çox olan, yüksək keyfiyyətli təbəqəli poladdan istehsal olunan xüsusi sisternlər vasitəsilə həyata keçirilir. Bu sisternlərin daxili örtüyü yağdan davamlı və dayanıqlı olmalı, elektrostatik qılgıcılmasına qarşı təhlükəsizlik qaydalarını təmin etməlidir. Bu tip sisternlərin yükləmə qabiliyyəti 50 tondan 120 tona qədər dəyişir, lakin daha çox 50, 60 və 120 tonluq sisternlərdən istifadə olunur. Yanacaqın sisternlərə doldurulması (yüklənməsi) yuxarıdan, boşaldılması isə, müvafiq olaraq, aşağıdan

xüsusi drenaj və doldurucu yuvalar vasitəsilə həyata keçirilir. Bundan başqa, daşınmanın təhlükəsizliyini təmin etmək üçün hər bir sistern mütləq qaydada müşahidə meydançaları, xarici və daxili pilləkənlər və drenaj cihazları ilə təchiz edilir. Neft məhsulları və digər yanacaq maddələrinin daşınması təhlükəli daşınma hesab olunur. Bu məqsədlə daşınmaların təhlükəsizliyini təmin etmək üçün xüsusi qanun dəsti hazırlanmış və bu qayda dörd maddəni əhatə edir: qablaşdırma, etiketləmə, nəqliyyat və saxlama.

Neft məhsulu doldurulmuş hər bir sistern üçün yalnız təhlükəli yük nişanı kifayət etmir. Daşınma zamanı məhsulun təhlükə sinfini göstərən xüsusi markalanma və manipulyasiya nişanların da olması zəruri şərtlərdən biridir. Neft məhsulu doldurulmadan əvvəl stern yoxlanılmalı və hər hansı bir tullantıdan təmizlənməsi üçün isti su ilə yuyulmalı və qurudulmalıdır. Hər bir sisterndə bundan əvvəl yüklənən maddənin göstərildiyi sənəd əlavə edilməlidir. Əgər sənəd yoxdursa, təhlil yerində aparılır. Yükləmə prosesində neftin temperaturunun artması nəticəsində genişlənə biləcəyi nəzərə alınır.

Neft məhsulunun dəmir yolu ilə daşınmasının üstün cəhətləri [88, s.169]:

1. İlin bütün fəsilərində və istənilən hava şəraitində dəmir yolu vasitəsilə neft məhsullarının daşınması universal daşınma hesab olunur.
2. Neftin su nəqliyyatına nisbətən dəmir yolu ilə qısa müddət ərzində çatdırılması.
3. Dəmir yolları kifayət qədər böyük ərazini əhatə edir və buna görə də kənd təsərrüfatı və sənaye rayonlarına birbaşa çatdırılma imkanı var.
4. Tankerlərdən və neft kəmərlərindən geri qalmasına baxmayaraq dəmir yolu ilə də kifayət qədər böyük miqdarda neft daşımaq mümkündür.

Neft məhsulunun dəmir yolu ilə daşınmasının çatışmayan cəhətləri:

1. Neft məhsulunun dəmir yolu ilə nəqlinə çəkilən xərclər digər üsullarla daşınma xərclərindən daha yüksəkdir.
2. Yükləmə-boşaltma işləri zamanı neft itkisi çox olur. Sistemlərdən istifadə edilərsə bu qaçılmaz hadisədir.

3. Dəmir yolu ilə nəql olunma zamanı yükləmə və boşaltma prosesləri üçün xüsusi avadanlıqların olmasını tələb edir. Bu da öz növbəsində nəqliyyat xərclərini artırır.

4. Bəzən neft məhsullarını ucqar rayonlara (və ya əksinə) çatdırmaq üçün yeni dəmir yolu yolları çəkmək lazım gəlir.

Neft məhsullarının avtomobil nəqliyyatı ilə daşınması daşınmanın ən bahalı üsuludur [14, s.177-179, 26, s.20]. Onun yeganə üstün cəhəti çevikliyi, yəni neft məhsullarını bir nöqtədən istənilən yerə çatdırmaq imkanındır (əlbəttə ki, nəqliyyat yolları mövcuddursa). Avtomobil nəqliyyatı, bir qayda olaraq, neft məhsullarının yanacaq doldurma məntəqələrinə çatdırılması üçün istifadə olunur. Bundan başqa, bəzən neft mədənlərindən neftin ilkin hazırlıq məntəqəsinə çatdırılması üçün yataqların işlənməsinin ilkin mərhələsində müvəqqəti vasitə kimi istifadə olunur.

Neftin boru kəmərləri ilə nəqli ən ucuz və təhlükəsiz nəql üsuludur [12, s.3, 26, s.24]. Nəqliyyat prosesi il boyu sutka ərzində fasiləsiz həyata keçirilir. Xüsusiyyətlərinə görə neft kəmərləri müxtəlif qruplara bölünür:

- xam neft və emal edilmiş neft üçün boru kəmərləri;
- neft məhsullarının daşınması üçün boru kəmərləri (dizel yanacağı, benzin, kerosin);

Boru vasitəsilə neftin axını borunun hər iki ucunda nasos stansiyaları tərəfindən yaradılan təzyiqlər fərqi hesabına baş verir. Neft kəmərləri yeraltı və yerüstü neft kəmərlərinə bölünür. İstənilən hava şəraitində və fasiləsiz işləyə bilməsi boru kəmərlərinin üstün xüsusiyyətidir. Yerüstü neft kəmərlərinin üstün cəhətlərindən biri də qəzaların vaxtında və rahat aradan qaldırılma bilinəməsi xüsusiyyətidir. Yeraltı neft kəmərləri isə xarici təsirlərə daha az məruz qaldığından daha uzun ömürlüdür. Konstruksiya baxımından boru kəmərləri diametri 10-140 sm olan borulardan inşa edilir və neft bu tip borularda 3m/s sürətlə hərəkət edir. Neftin istehlakçıya çatdırılması üçün kifayət qədər ucuz və səmərəli üsullardan biri də xüsusi su gəmiləri - tankerlərlə nəql edilməsidir [26, s.14]. Tankerlər çox böyük tutumlu gəmilərdir və məhz bu daşıma növü beynəlxalq neft daşınmalarının böyük hissəsini təşkil edir. Məsələn burasındadır ki, dəniz yolları bəzən yerüstü yollardan daha qısa

olur və dənizlə daşınma daha ucuz başa gəlir. Neftin daşınması üçün tanker üç növə bölünür: az tonnajlı, orta tonnajlı, iri tonnajlı. Bu gün beynəlxalq standartların tələblərinə görə, bütün tankerlər təhlükəsizlik səviyyəsini yüksəldən, həmçinin neft üçün bölməni arakəsmələrə ayıran ikili örtüyə malik olmalıdırlar. Neft məhsullarının belə tankerlərə yüklənməsi və boşaldılması xüsusi nasosların və boru kəmərlərinin köməyi ilə sahildən həyata keçirilir.

Neft məhsullarının müxtəlif vasitələrlə qarışıq daşınması. Son istehlakçı hasilat və daşınma məntəqələrindən olduqca uzaq məsafədə yerləşdikdə istifadə olunan daşıma növüdür. Belə hallarda, bir qayda olaraq "birbaşa tədarük" təşkil etmək mümkün olmur və neft məhsullarını bir nəqliyyat növündən digərinə ötürmək lazım gəlir. Yüklərin bir neçə nəqliyyat vasitəsi ilə daşınması qarışıq daşınma adlanır. Məsələn, neftayırma zavodundan neft məhsulları tankerlərlə, daha sonra çayın girişində neft məhsullarını paylayıcı neft bazalarına nəql edən üzən barja, oradan isə dəmir yolu vasitəsilə kiçik neft anbarlara, paylayıcı neft bazalarından isə istehlakçılara çatdırılacaqdır. Əksər hallarda boru kəməri ilə dəmir yolu nəqliyyatının birləşməsinə rast gəlinir ki, bu da daşımaların 80% -dən çox hissəsini təşkil edir. Əməliyyatların xarakterinə görə paylayıcı neft bazaları regional və rayon, dəmir yolu, su-dəmir yolu və su qovşaqlarına bölünür. Paylayıcı neft bazaları istehlakçılara göstərilən keyfiyyətli xidməti nəzərə alınmaqla, sanitariya və yanğın normalarına uyğun şəkildə ciddi riayət olunmaqla yerləşdirilməlidir.

Paylayıcı neft bazalarına magistral kəmərlər və dərin bazalar da aid edilir. Birinci halda dəmir yolu su yollarından uzaq məsafədə yerləşir və bütün əməliyyatlar avtomobil nəqliyyatı vasitəsilə həyata keçirilir. İkinci halda isə magistral kanallarının yaxınlığında yerləşir və boru kəmərlərindən neft məhsullarının vaxtaşırı verilməsi ilə təchiz olunur; neft məhsullarının buraxılışı avtonəqliyyat vasitəsi ilə həyata keçirilir. Dərin paylayıcı neft bazaları neft məhsullarının istehlakçılara kütləvi paylanması məntəqələridir. Kənd təsərrüfatı istehlakçıları tərəfindən neft məhsullarının istehlakının azaldığı qış dövründə dərin neft anbarlarında yaz tarla işləri üçün neft məhsulları ehtiyatları toplanır. Neft məhsulları ilə təmin etmə sistemi ölkənin inkişafında mühim rol oynayır. Sənaye,

nəqliyyat, kənd təsərrüfatı və kommunal təsərrüfat, əhali neft məhsulları (yanacaq, yağlar, sürtkü yağları, həlledicilər) olmadan fəaliyyət göstərə bilməz. Onların istehlakçılara çatdırılması neft bazaları və yanacaq doldurma məntəqələri (YDM) vasitəsilə həyata keçirilir [30, s.3]. Müasir neft bazaları mürəkkəb və çoxşaxəli təsərrüfat növüdür. Buraya rezervuar parkları, şaxələnmiş boru kəmərləri kommunikasiyaları, nasos stansiyaları, müxtəlif qurğular və s. daxildir. Yanacaq doldurma məntəqələri müasir neft məhsulları paylama sisteminin ayrılmaz hissəsidir [66, s.20]. Zahirî sadəliyinə baxmayaraq, neft məhsullarının satışında onların rolu olduqca böyükdür.

Neft bazalarının və yanacaq doldurma məntəqələrinin texniki cəhətdən düzgün, səmərəli istismarı yalnız tətbiq olunan texnika və texnologiyalar haqqında geniş və aydın təsəvvürə malik olan, mükəmməl hazırlıqlı mütəxəssislər tərəfindən mümkündür. Neft məhsullarının paylanması zamanı buxarlanma, çirklənmə və s. itkilərinin qarşısının alınması aktual məsələlərdən biridir. Bu məsələləri neft və neft məhsullarının daşınması zamanı texnoloji proseslərinin modelləşdirilməsi ilə həll etmək məqsədə uyğundur.

Neft məhsullarının avtomobil nəqliyyatı ilə daşınması. Neft məhsullarının daşınması üçün avtomobil parkı. Neftin daşınması üçün müxtəlif növ nəqliyyat vasitələrindən istifadə olunur:

- Benzin daşıyan yük maşınları - tankerlər (yanğın təhlükəsizliyi artırılmış, lazımi həcmdə yanacağın boşaldılması üçün nasos avadanlığı ilə təmin olunmuş);
- Bitum daşıyan yük maşınları (250⁰ C qədər avtonom qızdırılan çənlər);
- Avtosisternlər - sistern konteynerləri. Temperatur nəzarəti tələb etməyən neft məhsulları üçün qablar. Sistern konteynerləri yükün boşaldılmasına ehtiyac olmadan müxtəlif nəqliyyat vasitələrinə bərkidilə bilən metal konstruksiya ilə təchiz edilmiş çənlərdir;
- Flexitank - rezervuarların içərisinə yerləşdirilən çevik qablardır. Onlar rahatlıqla təkrar istifadə oluna bilər və 24.000 litrə qədər maye yanacaq saxlayır və yükü uzun müddət saxlamaq üçün əlverişlidir;
- Qablaşdırılmış yanacağın daşınması üçün düz və pərdəli yük maşınları.

Neft məhsullarının avtomobil nəqliyyatı ilə daşınması kifayət qədər geniş yayılmış daşınma növüdür. İstənilən yanacağın daşınması bütün təhlükəsizlik qaydalarına riayət etməyi və xüsusi diqqət tələb edən mürəkkəb və məsuliyyətli sahələrdən biridir. Neft məhsulları təhlükəli yük hesab edildiyindən, bu növ məhsullar tez alışan təhlükəli məhsullar sinfinə aid edilir. Ona görə də bu məhsulların daşınması xüsusi diqqət və məsuliyyət tələb edir. Yanacağın hər bir növünün ayrılıqda öz xüsusiyyətləri var. Ona görə də onların kimyəvi və fiziki xüsusiyyətləri daşınma prosesinə təsir göstərir və daşıyıcılardan yüksək peşəkarlıq tələb edir. Belə məhsulların daşınması zamanı bir çox məqamlar nəzərə alınır. Məsələn, tünd neft məhsulları qışda dona bilər. Ona görə də bu tip neft məhsulları üçün qızdırıla bilən çənlərdən istifadə edilməlidir. Bundan əlavə, neft məhsullarının buxarlanması həm ətraf mühitə, həm də insan sağlamlığına zərər verir. Buna görə benzin və ya kerosin kimi maddələr yalnız sıx bağlanmış çənlərdə nəql olunur.

Neft məhsullarının daşınması üçün təhlükəli yüklərin daşınması qaydalarını müəyyən edən xüsusi tənzimləmə üsulları mövcuddur. Daşıma qaydaları mövcud qanunvericiliklə tənzimlənir. Daşınmanın maneəsiz aparılması üçün istehlakçının sanitariya, gömrük və karantin sənədlərinin tətbiq olunduğu xüsusi fakturası olmalıdır. Qaydalar nəqliyyat növündən asılı olaraq məhdudiyyətlər tələb etmir. Buna görə də bu qaydalar əsasında neft məhsulları yalnız avtomobil nəqliyyatı ilə deyil, həm də dəmir yolu, dəniz və hava nəqliyyatı ilə daşına bilər. Hər bir daşınma üsulunun öz üstünlükləri vardır. Qeyd etdiyimiz kimi avtomobil nəqliyyatı ilə daşınma daşımalarının ən bahalı üsulu olsa da, əsas üstünlüyü istənilən vaxt istənilən məsafəyə yanacağı tez bir zamanda çatdırıla bilməsidir. Avtomobil nəqliyyatı yanacağın birbaşa yanacaq çənlərində daşınmasına imkan verir və çənin ümumi həcmi 1500 litrdən çox ola bilməz. Daşımanı həyata keçirən avtomobil nəqliyyatı üçün aşağıdakı tələblər irəli sürülür:

- Maşınlar yanğın təhlükəsizliyi qaydalarının tələblərinə cavab verməlidir.
- Torpaqlama qaydalarına ciddi əməl olmalıdır və maşının istiləşməsi qəbul edilməzdir.
- Elektrik avadanlıqlarının nominal gərginliyi 24 V -dan çox olmamalıdır.

➤ 3-cü sinif təhlükə sinifinə aid edilən neft məhsulları daşınarsa, avtomobildə uzaqdan idarə edilən xüsusi cihaz yerləşdirilməlidir. Cihaz kabinədə və maşının xaricində quraşdırılır.

➤ Yük maşınının üzərində "Oddan təhlükəlidir" məcburi yazı olmalıdır.

➤ Avtomobildə yanğınsöndürmə avadanlığının olması vacibdir.

Nəqliyyat vasitəsinin hərəkət marşrutuna diqqət yetirilir. Yanacaq daşıyan maşınının iri şəhərlərin sıx məntəqələrində, qoruqlar və istirahət məkanları ilə mümkün qədər az hərəkət etməsi vacibdir. Bundan əlavə, məktəblərin və uşaq bağçalarının, eləcə də xəstəxanaların və nəqliyyatın sıx olduğu magistralların yoldan çıxarılması arzu edilir. Yolda nəqliyyat vasitəsi digər sürücülərə təhlükəli yüklərin yaxınlaşması barədə xəbərdarlıq etməlidir [23, s. 43-52].

Daşınma zamanı neft məhsullarının itkisi. Neft məhsullarının saxlanması və daşınması zamanı itkilərin minimuma endirilməsi və uçotu şirkətlər və müəssisələr üçün maliyyə fəaliyyətini planlaşdırmaqla yanaşı biznes rentabelliliyini təmin etmək üçün mühüm vasitədir. Eyni zamanda yanacaq-sürtkü materiallarının qəbulu, daşınması və saxlanması proseslərinin texnoloji asılılığı nəzərə alınmalıdır. Bu mərhələlərdən yalnız birinə diqqət yetirilərsə, digər əməliyyatlarda itkilərin artması ehtimalı yüksələcəkdir. Mövcud statistik məlumatlara əsasən, dəmir yolu və avtomobil nəqliyyatı ilə daşınma zamanı neft məhsullarının ümumi itkinin təxminən 6,2 %-ni təşkil edir. Belə itkilərin minimum azaldılması müəssisələrin uçot siyasətində mühüm rol oynayır.

“Neft məhsullarının itkisi” anlayışı onların kəmiyyət və keyfiyyət xüsusiyyətlərinin azalmasını müəyyən etmək üçün istifadə olunur. Belə parametrlərdə dəyişikliklər həm təbii itkilərin təsiri altında (müəyyən bir məhsulun fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərinə görə), həm də daşınma texnologiyasının pozulması, oğurluq və ya tullantılar nəticəsində baş verə bilər. Birinci halda söhbət normallaşdırılmış əmtəə itkilərindən gedir.

Beləliklə, belə nəticəyə gəlmək olar ki, normallaşdırılmış itkilər kateqoriyasına məhsulların kütləsinin və ya onların təbii itkidən çox olmayan keyfiyyət xüsusiyyətlərinin azalması daxildir. Buna aşağıdakı amillər səbəb ola bilər:

-neft məhsullarının nəqli zamanı fiziki-kimyəvi proseslərin və temperatur amillərinin təsiri altında buxarlanması;

-yanacaq və sürtkü yağlarının daşınma üçün istifadə olunan qabların divarlarına, həmçinin drenaj qurğularına yapışdırılması.

Neft məhsullarının daşınması zamanı kəmiyyət və keyfiyyət itkilərinin göstəricilərini azaltmağın təsirli üsullarından biri də parkları ixtisaslaşmış avtomobillərlə təchiz edilmiş etibarlı yanacaq materialları tədarükçüləri ilə əməkdaşlıqdır. “Neft məhsulları bazarı” şirkəti düşünülmüş logistik həllər, eləcə də neft məhsullarının müasir tankerlərlə daşınması təklif edir ki, bu da yanacaq və sürtkü materiallarının topdansatış alıcılarına çatdırılma zamanı neft məhsullarının itkisini minimuma endirməyə imkan verir [95, s.188].

4.2. Neft məhsullarının logistikasında nəqliyyat vasitəsinin yerdəyişmə modeli

Neft məhsullarının logistikasında nəqliyyat vasitəsinin yerdəyişmə modeli, məhsulun təchizat zəncirində müxtəlif nöqtələr arasında effektiv daşınmasını təmin etmək məqsədini güdür. Bu model, nəqliyyat vasitələrinin istiqamətini, sürətini və yükləmə boşaltma vaxtlarını optimallaşdırmaqla, həm də logistika xərclərinin azaldılmasına, məhsul itkisini minimuma endirməyə və təhlükəsizlik standartlarını artırmağa yönəldilir [54, s. 90-92, 86, s. 55].

Nəqliyyat vasitələrinin yerdəyişmə modeli, çoxsaylı amilləri nəzərə alaraq işlənir. İlk olaraq, nəqliyyat marşrutları və vaxt şərtləri təyin edilir. Bu marşrutlar, nəqliyyat vasitələrinin məhsulun qaynağından müştəriyə və ya saxlanma nöqtələrinə qədər gedəcəyi ən effektiv yolları əhatə edir. Marşrutların təhlili zamanı, həmçinin hava şəraiti, yol vəziyyəti, trafik sıxlığı və başqa amillər nəzərə alınır.

Modelin tərtibində, nəqliyyat vasitələrinin sürətinin və yükləmə-boşaltma müddətlərinin optimallaşdırılması şərtləndirilir. Logistika vasitəsinin təyinat nöqtəsinə çatması üçün minimal vaxtda yola çıxması təmin edilir. Həmçinin, nəqliyyat vasitələrinin effektiv istifadəsi üçün ən optimal yükləmə və boşaltma

prosedurları müəyyən olunur. Bu mərhələlər, təxirəsalınmaz vəziyyətlərdə belə, minimum vaxt və resurs sərfi ilə həyata keçirilir.

Sistem, nəqliyyat vasitələrinin yerdəyişməsini, həm də təhlükəsizlik standartlarına uyğun şəkildə təşkil edir. Nəqliyyat vasitələrinin yükləmə və boşaltma prosesləri, yanğın təhlükəsizliyi və digər potensial təhlükələri nəzərə alaraq idarə olunur. Ayrıca, məhsulun sızması və digər fəvqəladə hallar üçün avtomatlaşdırılmış xəbərdarlıq və müdaxilə sistemləri tətbiq edilir. Bu model, avtomatlaşdırılmış və rəqəmsal idarəetmə alətləri ilə dəstəklənir. GPS izləmə sistemləri vasitəsilə nəqliyyat vasitələrinin real vaxtda izlənməsi təmin edilir. Bu izləmə, nəqliyyat vasitəsinin marşrutunu və hərəkətini anlıq olaraq monitorinq imkanı yaradır. Ayrıca, məlumatların mərkəzi idarəetmə sistemində ötürülməsi ilə, nəqliyyat vasitələrinin logistikasında hər hansı dəyişiklik və ya anomaliya dərhal aşkar olunur və uyğun qərarlar qəbul edilir [95, s. səh.160].

Logistika xərclərinin azaldılması üçün digər bir mühüm amil nəqliyyat vasitələrinin yüklənmə sıxlığıdır. Yüksək yükləmə sıxlığı ilə nəqliyyat vasitələrinin daha uzun məsafə qət etməsi və kifayət qədər məhsul daşıması təmin edilir. Bu da həm resurs qənaətinə, həm də yükün təhlükəsiz daşınmasına yardım edir. Bilavasitə, neft məhsullarının daşınmasında sığorta və hüquqi aspektlər də modelin vacib hissəsidir. Müxtəlif növ nəqliyyat vasitəsi, mümkün olan risklərə qarşı sığortalanmalıdır. Bu, nəqliyyatın daha etibarlı və sərfəli olmasını şərtləndirir. Həmçinin, nəqliyyatın hüquqi tələblərə uyğun şəkildə reallaşdırılması məqsədi üçün uyğun sənədlərin və lisenziyaların olması vacibdir.

Nəticə etibarilə, neft məhsullarının logistikasında nəqliyyat vasitələrinin yerdəyişmə modeli, əməliyyatların daha sürətli, təhlükəsiz və sərfəli reallaşdırılması imkanını təmin edən kompleks yanaşmadır. Bu modelin tətbiqi ilə, nəqliyyat xərcləri azaldılır, məhsul itkiləri minimuma endirilir və ümumilikdə logistika əməliyyatlarının səmərəliliyi artırılır. Modelin avtomatlaşdırılması, bilavasitə ətraf mühitin qorunmasına və mövcud resursların səmərəli istifadəsinə dəstək verir. Bu yanaşma ilə neft məhsullarının daşınması daha stabil və uzun müddətli əməliyyatlara çevrilir.

Neft məhsullarının logistikasında nəqliyyat vasitələrinin yerdəyişmə modeli, məhsulun daşınması prosesinin optimallaşdırılmasına və effektiv idarə olunmasına yönəlmiş strateji bir yanaşmadır. Bu model nəqliyyat vasitələrinin növünü, yükləmə və boşaltma yerlərini, həmçinin marşrutların seçimini əhatə edir. Effektiv modelin qurulması üçün daşınacaq məhsulun xüsusiyyətləri, həcmi və təhlükəsizlik tələbləri nəzərə alınır. Əsas məqsəd nəqliyyat xərclərini minimallaşdırmaq, neft məhsulun keyfiyyətini qorumaq və istehlakçıları təmin etməkdir. Modeldə yük maşınları, dəmir yolu, gəmilər və boru kəmərləri kimi nəqliyyat vasitələri istifadəsi təklif edilir.

Müxtəlif tipli nəqliyyat növü spesifik üstünlüklərə malikdir və konkret logistik tələbatlara nəzərən seçilir. Boru kəmərləri uzunmüddətli və kütləvi daşımalar üçün daha sərfəlidir. Dəmir yolu nəqliyyatı və gəmilər isə ucuz və iri həcmli məhsulların daşınması üçün əlverişlidir. Model yerdəyişmə prosesində neft məhsulunun təhlükəsiz logistikasının müasir monitoring texnologiyalarından da istifadə edir.

Optimal marşrutların seçilməsi yanacaq istehlakını və karbon emissiyalarını azaldır. Bu da ekoloji davamlılığın təmin edilməsinə kömək edir. Modeldə süni intellekt və böyük verilənlərin analizi texnologiyaları tətbiq edilərək proqnozlaşdırma və məntiqi nəticə çıxarma prosesləri təkmilləşdirilir. Həmçinin nəqliyyat vasitələrinin texniki cəhətdən vəziyyəti daim nəzarətdə saxlanılır.

İnnovativ texnologiyaların integrasiyası logistik proseslərin optimal yerdəyişməsini planlaşdırır. Kompüterləşdirilmiş idarəetmə sistemləri ilə nəqliyyat vasitələrinin marşrutlarının real zaman rejimində tənzimlənməsi mümkündür. Bu, vaxt itkisini minimumlaşdırır və məhsulun təyinat məntəqəsinə vaxtında çatmasını reallaşdırır. Bu model həm maliyyə baxımından qənaəət, həm də əməliyyatın səmərəliliyinin yüksəlməsinə xidmət edir. Nəticədə, nəqliyyat vasitələrinin yerdəyişmə modeli neft məhsullarının logistikasında əsaslı bir strateji məsələni həll edir.

Bazar iqtisadiyyatı şəraitində istehlakçıların müxtəlif assortimentə, tələbatə uyğun miqdarda, təhlükəsiz və minimal xərclərlə neft məhsullarına olan tələbatların ödənilməsi üçün effektiv rəqabət qabiliyyətli logistik sistemlərin yaradılmasını zəruri edir [6, s.97-104]. Neft məhsullarının logistikası maliyyə, material və

informasiya axınının özündə birləşdirən mürəkkəb ierarxik struktura malik şəbəkə sistemidir. Bu sistemin komponentləri neft şirkətləri, neft emalı zavodları, neft məhsullarının təminatı müəssisələri (neft bazaları) və onlara təhkim olunmuş yanacaq doldurma məntəqələri, digər komplekslərdən ibarətdir.

Yanacaq doldurma məntəqələrinin tələbatına uyğun olaraq neft məhsullarının təminatı müəssisələrindən müxtəlif növ neft məhsullarının müəyyən müddət ərzində paylanması üçün imitasiya modelləşdirilməsi üsullarından istifadə edilir [33, s.7, 40, s.4]. Ancaq bu üsullar neft məhsullarının müxtəlif variantlarda paylanması marşrutlarını, həmçinin regiondan asılı olaraq daşınma xərclərinin minimallaşdırılması və ehtiyatların hesablanması, nəqliyyat vasitələrinin yerdəyişməsini və digər kompleks məsələləri həll etmir. Bir çox işlərdə ehtiyatların idarə olunması müxtəlif üsullarla modelləşdirilir, logistik alqoritmlərdə eyni nəqliyyat vasitəsi ilə müxtəlif növ neft məhsullarının daşınması nəzərdə tutulur [23, s.43-52, 19, s.185-192].

Bir çox hallarda isə tətbiq olunan imitasiya modelləri “neftayırma zavodları - neft bazalar” zəncirini əhatə edir, “neft bazaları - yanacaq doldurma məntəqələri” logistik paylanma şəbəkəsini əhatə etmir. Bundan başqa həmin logistik paylanma şəbəkəsində ayrı - ayrı neft bazalarına təhkim olunmuş avtonəqliyyat parkına aid olan nəqliyyat vasitələrinin digər regionun neft bazalarına təhkim olunmuş yanacaq doldurma məntəqələrinə yerdəyişməsini nəzərdə tutmur. Beləliklə, avtonəqliyyat parkı parametr kimi logistik modelə daxil olmur, ancaq nəqliyyat vasitəsinin «neft bazası - yanacaq doldurma məntəqələri» yerdəyişməsinə baxılır. Yuxarıda deyilən xüsusiyyətlər neft məhsullarının təminatı prosesinin idarə olunması və logistikasında sistemli təsvir formalarından və dinamik modelləşdirmə aparatlarından istifadə olunmaqla yeni logistik modellərin işlənməsini aktuallaşdırır. Bu məsələlərin həlli üçün neft məhsullarının logistikasında nəqliyyat vasitəsinin yerdəyişmə modeli işlənmişdir.

Neft məhsullarının logistikasında nəqliyyat vasitəsinin yerdəyişmə modeli. Neft məhsullarının logistikası modeli nəqliyyat vasitələrinin müxtəlif variantlarda yerdəyişməsini nəzərdə tutur [6, s.97-104, 80, s.10]:

1. Nəqliyyat vasitəsinin (*NV*) avtonəqliyyat parkından (*ANP*) neft bazasına (*NB*) ilkin yerdəyişməsi. Bu halda boş tutumlu *NV-nin* təhkim olunduğu *ANP-dən* *NB* ilə əlaqəsi olan yanacaq doldurma məntəqələrinə (*YDM*) xidmət etmək üçün birinci yerdəyişməsi nəzərdə tutulur.

2. *NB* ilə *YDM* arasında qarşılıqlı yerdəyişmə. Bu halda *NB* ilə *YDM-lər* arasında müəyyən olunmuş sayda yerdəyişmələrin təkrarlanması nəzərdə tutulur.

3. Bir *NB-dən* digər *NB-yə NV-nin YDM-nə* daxil olmaqla yerdəyişməsi. Bu halda *NV-nin* əvvəlki *NB-ya* qayıtması nəzərdə tutulmur.

4. *NV-nin* xidmət müddəti başa çatdıqdan sonra *YDM-dən* birbaşa *ANP-yə* yerdəyişməsi. Bu halda *NV-i* sonuncu *YDM-nə* xidmət etdikdən sonra boş tutumla təhkim olunduğu *ANP-yə* yerdəyişməsi nəzərdə tutulur.

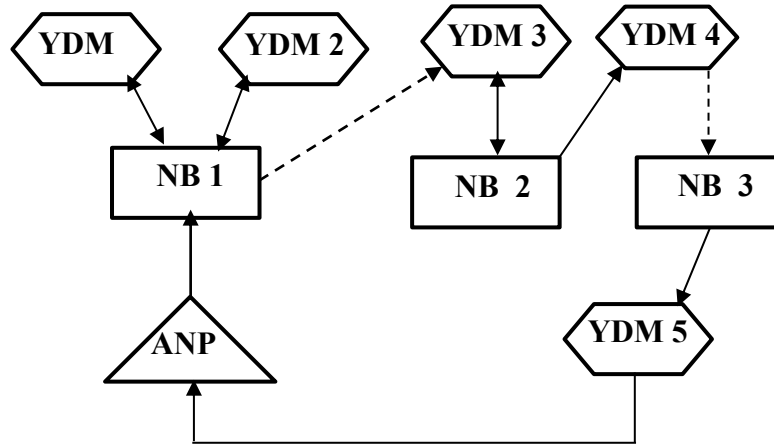
NV-nin yerdəyişmə modelində aşağıdakı məhdudiyyətlər nəzərə alınmışdır:

NV ANP-ni bir dəfədən artıq tərk edə bilməz; *NV* müəyyən *ANP-yə* təhkim olunmalıdır; *NV* təhkim olunmadığı *NB-yə* bir dəfədən çox daxil ola bilməz; başqa *NB-yə* daxil olan *NV* öz təhkim olunduğu *NB-yə* qayıtmalıdır; *NV* hər bir *YDM-in* tələbatını ödəməlidir; Hər bir *NV* bir iş günü ərzində maksimum xidmət tələbatlarını ödəməlidir.

Neft məhsullarının logistikasının modelləşdirilməsi üçün aşağıdakı tələbatlar nəzərə alınmalıdır:

1. Planlaşdırılmış sərfiyyat və ya tələbata çəkilən xərclər.
2. Neft bazasında saxlanılan ehtiyatlar.
3. Bağlanmış müqaviləyə uyğun tariflər, cərimələr və digər xərclər.

NV-nin mümkün yerdəyişmə marşrutları, yəni avtonəqliyyat parkından *NB1*, *NB 1-dən* təhkim olunduğu *YDM 1*, *YDM 2-yə* və geriye *NB 1-ə*, *NB 1-dən* digər *NB 2-yə* təhkim olunmuş *YDM 3*, *YDM 4-ə*, həmçinin digər *NB-yə* təhkim olunmuş *YDM-ə* yerdəyişməsinin strukturu aşağıdakı kimi göstərilmişdir (şəkil 4.2.1).



Şəkil 4.2.1. NV-nin yerdəyişməsinin mümkün variantlarının struktur sxemi

NV-nin yerdəyişmə modeli rəngli Petri şəbəkəsi (RPS) şəklində təsvir olunur [28, s.139, 61, s.36-44].

Ümumiləşdirilmiş RPS formal olaraq $N = (P, T, \Omega, F, H, \lambda, \varphi, \psi, \mu_0)$ kimi təyin edilir: burada $P = \{p\}$ - boş olmayan sonlu mövqelər çoxluğu; $T = \{t\}$ - boş olmayan sonlu keçidlər çoxluğu; $\Omega = \{\omega\}$ - boş olmayan sonlu mövqe və markerlərin rənglər çoxluğu; $F: P \times T \rightarrow \{0,1,2, \dots\}$ и $H: P \times T \rightarrow \{0,1,2, \dots\}$ - müvafiq olaraq mövqelər və keçidlər çoxluqlarının insidentlik matrisləridir; $\lambda: P \times \Omega \rightarrow \{0,1\}$ - şəbəkənin mövqeləri üzrə rənglərin paylanması funksiyası; $\varphi: (P \times \Omega) \times T \rightarrow \{0,1, \dots\}$ - şəbəkə keçidlərinin giriş mövqeləri üzrə markerlərin rənglərinin paylanması funksiyası; $\psi: T \times (P \times \Omega) \rightarrow \{0,1, \dots\}$ - şəbəkə keçidlərinin çıxış mövqeləri üzrə markerlərin rənglərinin paylanması funksiyası; $\mu_0: P \times \Omega \rightarrow \{0,1,2, \dots\}$ - şəbəkənin başlanğıc markerləşməsidir.

φ və ψ funksiyaları keçidlərin işləməsi qanunlarını verir və şəbəkənin fəaliyyəti prosesində markerlərin rənglərinin mövqelər üzrə paylanmasını təyin edir.

Mövqelərin markerləşməsi elementləri p mövqesində ω rəngli markerlərin sayından ibarət olan $|P| \times |\Omega|$ ölçülü matris şəklində təqdim olunur [57, s.51].

Hər hansı t keçidinin işlənməsi nəticəsində aşağıdakı düstur əsasında $\mu_i(p, \omega)$ markerləşməsi $\mu_{i+1}(p, \omega)$ markerləşməsi ilə əvəz olunur:

$$\mu_{i+1}(p, \omega) = \mu_i(p, \omega) - \delta_i(p, \omega) * F(p, t) + \gamma_t(p, \omega) * H(t, p), \text{ burada}$$

$$\delta_i(p, \omega) = \begin{cases} 1, & \text{əgər } (p, \omega) \in I(p, t); \\ 0, & \text{əks halda.} \end{cases}$$

$$\gamma_t(p, \omega) = \begin{cases} 1, & \text{əgər } (p, \omega) \in O(p, t); \\ 0, & \text{əks halda.} \end{cases}$$

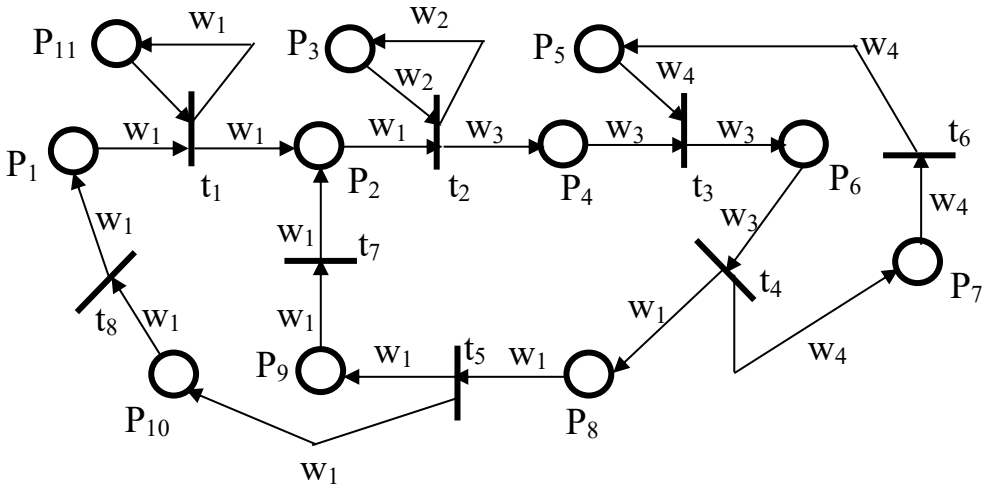
İşlənmiş modeldə *NV-nin* yerdəyişmə vəziyyətləri aşağıdakı mövqelər çoxluğu ilə təsvir olunur.

Mövqelər çoxluğu: P_1 - avtoparkda standart uyğun boş nəqliyyat vasitəsi var;

P_2 - neft bazasında standart uyğun boş nəqliyyat vasitəsi var; P_3 - neft bazasının rezervuarı boş nəqliyyat vasitəsini neft məhsulu ilə doldurmaq rejimindədir; P_4 - neft bazasında neft məhsulu ilə doldurulmuş nəqliyyat vasitəsi var; P_5 - yanacaq doldurma məntəqəsi neft məhsulunu qəbuletmə rejimindədir; P_6 - yanacaq doldurma məntəqəsində neft məhsulu ilə doldurulmuş nəqliyyat vasitəsi var; P_7 - neft məhsulu yanacaq doldurma məntəqəsində neft məhsulunun saxlanması sisteminə boşaldıldı; P_8 - yanacaq doldurma məntəqəsində boş nəqliyyat vasitəsi var; P_9 - nəqliyyat vasitəsinin xidmət müddəti başa çatmamışdır; P_{10} - nəqliyyat vasitəsinin xidmət müddəti başa çatmışdır; P_{11} - yanacaq doldurma məntəqəsinin neft məhsuluna tələbatı var.

Yerdəyişmə modelində mümkün hadisələr aşağıdakı keçidlər çoxluğu ilə təsvir edilir.

Keçidlər çoxluğu: t_1 - standart uyğun boş nəqliyyat vasitəsinin neft bazasına yerdəyişməsi prosesi icra edilir; t_2 - rezervuardan neft məhsulunun standart uyğun boş nəqliyyat vasitəsinə doldurulması prosesi icra edilir; t_3 - neft məhsulu doldurulmuş nəqliyyat vasitəsinin yanacaq doldurma məntəqəsinə qəbulu prosesi icra edilir; t_4 - nəqliyyat vasitəsinin sisternindən yanacaq doldurma məntəqəsinin çəninə neft məhsulunun boşaldılması prosesi icra edilir; t_5 - yanacaq doldurma məntəqəsində boş nəqliyyat vasitəsinin iş rejiminin tənzimlənməsi prosesi icra edilir; t_6 - yanacaq doldurma məntəqəsinin neft məhsuluna tələbatının müəyyənləşdirilməsi prosesi icra edilir; t_7 - boş nəqliyyat vasitəsinin təkrar neft bazasına yerdəyişməsi prosesi icra edilir; t_8 - boş nəqliyyat vasitəsinin avtoparka qayıtması prosesi icra edilir.



Şəkil 4.2.2. NV-nin yerdəyişmə modelinin qraf-sxemi

$$|1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1|$$

[illegible]

$$H(11,8) = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$D(8,11) = \begin{vmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}$$

Keçidlərin giriş və çıxış mövqelərində rənglərin paylanma funksiyaları uyğun olaraq $\Phi(8,4)$ və $\Psi(8,4)$ matrisləri ilə təsvir olunur.

$$\Phi(8,4) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad \Psi(8,4) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Mövqələrdə rənglərin paylanması $\lambda(11,4)$ və ilkin markerləşmə $\mu^0(11,4)$ matrisləri uyğun olaraq aşağıdakı kimi təsvir edilir.

$$\lambda(11,4) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad \mu^0(11,4) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

İlkin verilənlərə əsasən kompüter eksperimenti aparılmış və aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

$$\mu^1 = (11, 4) \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\mu^2 = (11, 4) \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\mu^3 = (11, 4) \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\mu^4 = (11, 4) \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\mu^5 = (11, 4) \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\mu^6 = (11, 4) \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\mu^7 = (11, 4) \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad \mu^8 = (11, 4) \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

4.3. Nəqliyyat vasitəsinin “ANP - NB - YDM ” yerdəyişməsinin logistik modeli

NV-nin “ANP - NB - YDM” yerdəyişməsinin logistik modeli zaman PŞ şəklində təsvir olunur. Zaman PŞ-si formal olaraq $N = (P, T, I, O, Z, \mu_0)$ toplusu şəklində təsvir olunur [99, s.89-96]. Burada $P = \{p_i\}$, $i = \overline{1, n}$; - mövqelərin boş olmayan sonlu çoxluğu; $T = \{t_j\}$, $j = \overline{1, m}$ - keçidlərin boş olmayan sonlu çoxluğu; $I: P \times P \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$, $O: T \times P \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$ - keçidlərin uyğun olaraq giriş və çıxış insidentlik funksiyaları; $Z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$ - mövqelərdə markerlərin zamana görə gecikmə parametrləri vektoru; μ_0 - şəbəkənin başlanğıc markerləşməsidir.

Zaman PŞ-nin başlanğıc markerləşməsi aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\mu^0 = (\mu_1^0, \mu_2^0, \dots, \mu_n^0),$$

bu vektorun hər bir μ_i^0 - elementinin qiyməti P_i - mövqesində yerləşən nişanların sayına bərabər götürülür. Zaman PŞ-nin vəziyyəti, yəni markerləşmə vektoru aşağıdakı düsturlarla hesablanır [41, s.59-76]:

$$\mu_i^1 = \mu_i - f_{ij}, \forall p_i \in I(t_j); \quad \mu_i^1 = \mu_i + h_{ij}, \forall p_i \in O(t_j),$$

burada f_{ij} və h_{ij} uyğun olaraq zaman PŞ-nin giriş və çıxış insidentlik matrislərinin elementləridir [65, s.255, 70, s.194].

İşlənmiş modeldə mümkün vəziyyətlər aşağıdakı mövqelər çoxluğu ilə təsvir olunur.

Mövqelər çoxluğu: P_1^1 -NB-də yanacaq daşıyan - paylayan standartta uyğun boş tutumlu NV1 gözləmə rejimindədir; P_2^1 -NB-də rezervuar 1-in doldurma kolonunun mövqesində yanacaq dolu yanacaq daşıyan - paylayan NV1 gözləmə rejimindədir; P_3^1 -NB-nin rezervuar 1-in doldurma kolonunun mövqesindən yanacaq dolu yanacaq daşıyan - paylayan NV1 yerdəyişmə rejimindədir; P_4^1 -NB-yə təhkim olunmuş ANP-də boş tutumlu standartta uyğun yanacaq daşıyan-paylayan NV1 gözləmə rejimindədir; P_5^1 -Rezervuar 1-in kolonu yanacaq daşıyan-paylayan NV-yə xidmət tələbini yerinə yetirmə rejimindədir; P_6 -NB-yə təhkim olunmuş YDM yanacağa tələbat rejimindədir; P_1^2 -NB-də yanacaq daşıyan-paylayan standartta uyğun boş tutumlu NV 2 gözləmə rejimindədir; P_2^2 -NB-də rezervuar 1-in doldurma kolonunun mövqesində yanacaq dolu yanacaq daşıyan - paylayan NV2 gözləmə rejimindədir; P_3^2 -NB-in rezervuar 1-in doldurma kolonunun mövqesindən yanacaq dolu yanacaq daşıyan-paylayan NV2 yerdəyişmə rejimindədir; P_4^2 -NB-yə təhkim olunmuş ANP-də boş tutumlu standartta uyğun yanacaq daşıyan-paylayan NV2 gözləmə rejimindədir; P_5^2 - Rezervuar 2-nin kolonu yanacaq daşıyan-paylayan NV-yə xidmət tələbini yerinə yetirmə rejimindədir; P_1^3 -NB-də yanacaq daşıyan-paylayan standartta uyğun boş tutumlu NV3 gözləmə rejimindədir; P_2^3 -NB-də rezervuar 2-nin doldurma kolonunun mövqesində yanacaq dolu yanacaq daşıyan - paylayan NV3 gözləmə rejimindədir; P_3^3 -NB-də rezervuar 1-in doldurma kolonunun mövqesindən yanacaq dolu yanacaq daşıyan-paylayan NV 3 yerdəyişmə rejimindədir; P_4^3 -NB-yə təhkim olunmuş ANP-də boş tutumlu standartta uyğun yanacaq daşıyan-paylayan NV3 gözləmə rejimindədir; P_1^4 -NB-də yanacaq daşıyan-paylayan standartta uyğun boş tutumlu NV4 gözləmə rejimindədir; P_2^4 -NB-də rezervuar 2-nin doldurma kolonunun mövqesində yanacaq dolu yanacaq daşıyan-paylayan NV4 gözləmə rejimindədir; P_3^4 -NB-də rezervuar 2-nin doldurma kolonunun mövqesindən yanacaq dolu yanacaq daşıyan-paylayan NV4 yerdəyişmə rejimindədir; P_4^4 -NB-yə

təhkim olunmuş *ANP-də* boş tutumlu standartta uyğun yanacaq daşıyan - paylayan *NV4* gözləmə rejimindədir;

Zaman *PŞ-si* şəklində işlənmiş logistika modelinin fəaliyyəti və idarə olunması aşağıdakı qaydalarla təsvir olunur:

Qayda #1: *ƏGƏR NB-yə* təhkim olunmuş *ANP-də* boş tutumlu standartta uyğun yanacaq daşıyan-paylayan *NVI* gözləmə rejimindədirsə, ***ONDA NB-də*** yanacaq daşıyan-paylayan standartta uyğun boş tutumlu *NVI* gözləmə rejimindədir *VƏ* rezervuar 1-in kolonu yanacaq daşıyan-paylayan *NV 1-ə* xidmət tələbini yerinə yetirmə rejimindədir;

Qayda #2: *ƏGƏR NB-də* yanacaq daşıyan-paylayan standartta uyğun boş tutumlu *NVI* gözləmə rejimindədirsə *VƏ* rezervuar 1-in kolonu yanacaq daşıyan-paylayan *NV-ə* xidmət tələbini yerinə yetirmə rejimindədirsə, ***ONDA NB-də*** rezervuar 1-in doldurma kolonunun mövqesində yanacaqda dolu yanacaq daşıyan-paylayan *NVI* gözləmə rejimindədir;

Qayda #3: *ƏGƏR NB-ə* rezervuar 1-in doldurma kolonunun mövqesində yanacaqda dolu yanacaq daşıyan-paylayan *NVI* gözləmə rejimindədirsə *VƏ NB-yə* təhkim olunmuş *YDM* yanacaqda tələbat rejimindədirsə, ***ONDA NB-nin*** rezervuar 1-in doldurma kolonunun mövqesindən yanacaqda dolu yanacaq daşıyan-paylayan *NVI* yerdəyişmə rejimindədir *VƏ NB-yə* təhkim olunmuş *YDM* yanacaqda tələbat rejimindədir;

Qayda #4: *ƏGƏR NB-nin* rezervuar 1-in doldurma kolonunun mövqesindən yanacaqda dolu yanacaq daşıyan-paylayan *NVI* yerdəyişmə rejimindədirsə *VƏ NB-yə* təhkim olunmuş *YDM* yanacaqda tələbat rejimindədirsə, ***ONDA NB-yə*** təhkim olunmuş *ANP-də* boş tutumlu standartta uyğun yanacaq daşıyan-paylayan *NVI* gözləmə rejimindədir *VƏ NB-yə* təhkim olunmuş *YDM* yanacaqda tələbat rejimindədir;

Qayda #5: *ƏGƏR NB-yə* təhkim olunmuş *ANP-də* boş tutumlu standartta uyğun yanacaq daşıyan-paylayan *NV 2* gözləmə rejimindədirsə, ***ONDA NB-də*** yanacaq daşıyan-paylayan standartta uyğun boş tutumlu *NV 2* gözləmə

rejimindədir *VƏ* rezervuar 1-in kolonu yanacaq daşıyan-paylayan *NV 2-yə* xidmət tələbini yerinə yetirmə rejimindədir;

Qayda #6: *ƏGƏR NB-də* yanacaq daşıyan-paylayan standartta uyğun boş tutumlu *NV2* gözləmə rejimindədirsə *VƏ* rezervuar 1-in kolonu yanacaq daşıyan-paylayan *NV-ə* xidmət tələbini yerinə yetirmə rejimindədirsə, ***ONDA NB-də*** rezervuar 1-in doldurma kolonunun mövqesində yanacaqda dolu yanacaq daşıyan-paylayan *NV2* gözləmə rejimindədir;

Qayda # 7: *ƏGƏR NB-də* rezervuar 1-in doldurma kolonunun mövqesində yanacaqda dolu yanacaq daşıyan-paylayan *NV2* gözləmə rejimindədirsə *VƏ NB-yə* təhkim olunmuş *YDM* yanacağa tələbat rejimindədirsə, ***ONDA NB-də*** rezervuar 1-in doldurma kolonunun mövqesindən yanacaqda dolu yanacaq daşıyan - paylayan *NV 2* yerdəyişmə rejimindədir *VƏ NB-yə* təhkim olunmuş *YDM* yanacağa tələbat rejimindədir;

Qayda # 8: *ƏGƏR NB-də* rezervuar 1-in doldurma kolonunun mövqesindən yanacaqda dolu yanacaq daşıyan-paylayan *NV2* yerdəyişmə rejimindədirsə *VƏ NB-yə* təhkim olunmuş *YDM-si* yanacağa tələbat rejimindədirsə, ***ONDA NB-yə*** təhkim olunmuş *ANP-də* boş tutumlu standartta uyğun yanacaq daşıyan-paylayan *NV2* gözləmə rejimindədir *VƏ NB-yə* təhkim olunmuş *YDM* yanacağa tələbat rejimindədir;

Qayda #9: *ƏGƏR NB-yə* təhkim olunmuş *ANP-də* boş tutumlu standartta uyğun yanacaq daşıyan-paylayan *NV3* gözləmə rejimindədirsə, ***ONDA NB-də*** yanacaq daşıyan-paylayan standartta uyğun boş tutumlu *NV3* gözləmə rejimindədir *VƏ* rezervuar 2-nin kolonu yanacaq daşıyan-paylayan *NV3-ə* xidmət tələbini yerinə yetirmə rejimindədir;

Qayda #10: *ƏGƏR NB-də* yanacaq daşıyan-paylayan standartta uyğun boş tutumlu *NV3* gözləmə rejimindədirsə *VƏ* rezervuar 2-nin kolonu yanacaq daşıyan-paylayan *NV-yə* xidmət tələbini yerinə yetirmə rejimindədirsə, ***ONDA NB-də*** rezervuar 2-nin doldurma kolonunun mövqesində yanacaqda dolu yanacaq daşıyan-paylayan *NV3* gözləmə rejimindədir;

Qayda # 11: ƏGƏR NB-da rezervuar 2-in doldurma kolonunun mövqesində yanacaqqla dolu yanacaq daşıyan-paylayan **NV3** gözləmə rejimindədirsə **VƏ NB-yə** təhkim olunmuş **YDM** yanacaqğa tələbat rejimindədirsə, **ONDA NB-nin** rezervuar 1-in doldurma kolonunun mövqesindən yanacaqqla dolu yanacaq daşıyan-paylayan **NV3** yerdəyişmə rejimindədir **VƏ NB-yə** təhkim olunmuş **YDM** yanacaqğa tələbat rejimindədir;

Qayda # 12: ƏGƏR NB-da rezervuar 2-nin doldurma kolonunun mövqesindən yanacaqqla dolu yanacaq daşıyan-paylayan **NV3** yerdəyişmə rejimindədirsə **VƏ NB-yə** təhkim olunmuş **YDM** yanacaqğa tələbat rejimindədirsə, **ONDA NB-yə** təhkim olunmuş **ANP-da** boş tutumlu standart uyğun yanacaq daşıyan-paylayan **NV3** gözləmə rejimindədir **VƏ NB-yə** təhkim olunmuş **YDM** yanacaqğa tələbat rejimindədir;

Qayda #13: ƏGƏR NB-yə təhkim olunmuş **ANP-da** boş tutumlu standart uyğun yanacaq daşıyan-paylayan **NV 4** gözləmə rejimindədirsə, **ONDA NB-da** yanacaq daşıyan-paylayan standart uyğun boş tutumlu **NV 4** gözləmə rejimindədir **VƏ** rezervuar 2-nin kolonu yanacaq daşıyan-paylayan **NV4-a** xidmət tələbini yerinə yetirmə rejimindədir;

Qayda #14: ƏGƏR NB-da yanacaq daşıyan-paylayan standart uyğun boş tutumlu **NV4** gözləmə rejimindədirsə **VƏ** rezervuar 2-nin kolonu yanacaq daşıyan-paylayan **NV-yə** xidmət tələbini yerinə yetirmə rejimindədirsə, **ONDA NB-da** rezervuar 2-nin doldurma kolonunun mövqesində yanacaqqla dolu yanacaq daşıyan-paylayan **NV4** gözləmə rejimindədir;

Qayda # 15: ƏGƏR NB-da rezervuar 2-in doldurma kolonunun mövqesində yanacaqqla dolu yanacaq daşıyan-paylayan **NV 4** gözləmə rejimindədirsə **VƏ NB-yə** təhkim olunmuş **YDM** yanacaqğa tələbat rejimindədirsə, **ONDA NB-da** rezervuar 2-nin doldurma kolonunun mövqesindən yanacaqqla dolu yanacaq daşıyan-paylayan **NV 4** yerdəyişmə rejimindədir **VƏ NB-yə** təhkim olunmuş **YDM** yanacaqğa tələbat rejimindədir;

Qayda # 16: ƏGƏR NB-da rezervuar 2-nin doldurma kolonunun mövqesindən yanacaqqla dolu yanacaq daşıyan-paylayan **NV4** yerdəyişmə rejimindədirsə

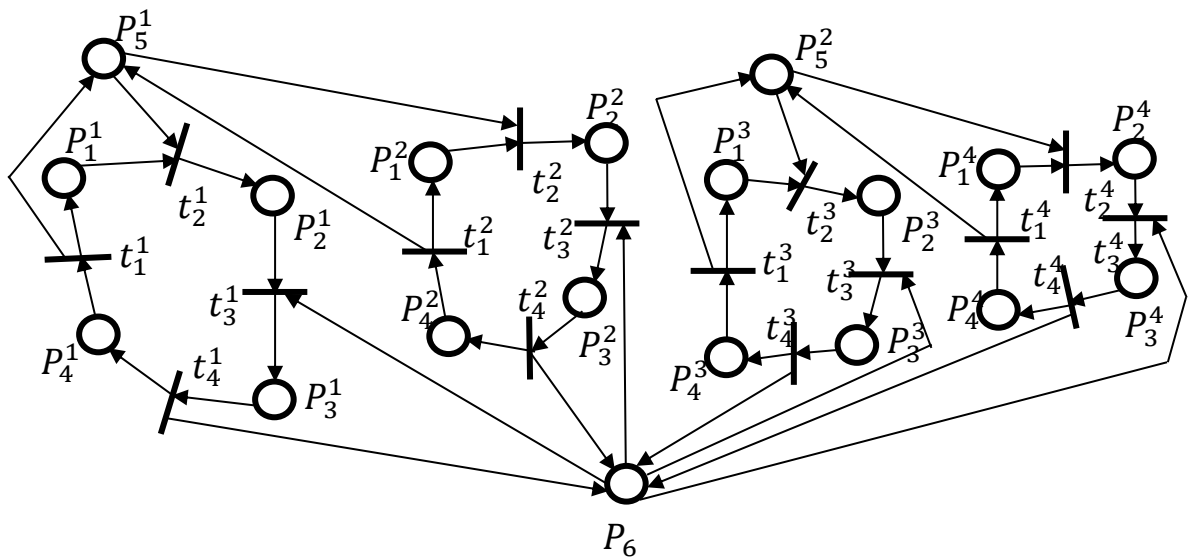
və **NB-yə** təhkim olunmuş **YDM** yanacağa tələbat rejimindədirsə, **ONDA** **NB-yə** təhkim olunmuş **ANP-də** boş tutumlu standart uyğun yanacaq daşıyan-paylayan **NV 4** gözləmə rejimindədir **VƏ NB-yə** təhkim olunmuş **YDM-si** yanacağa tələbat rejimindədir:

Logistik modeldə mümkün hadisələr aşağıdakı keçidlər çoxluğu ilə təsvir edilir [6, s. 97-104].

Keçidlər çoxluğu:

t_1^1 -qayda 1; t_2^1 -qayda 2; t_3^1 -qayda 3; t_4^1 -qayda 4; t_1^2 -qayda 5; t_2^2 -qayda 6; t_3^2 -qayda 7; t_4^2 -qayda 8; t_1^3 -qayda 9; t_2^3 -qayda 10; t_3^3 -qayda 11; t_4^3 -qayda 12; t_1^4 -qayda 13; t_2^4 -qayda 14; t_3^4 -qayda 15; t_4^4 -qayda 16;

Şəkil 4.3.1-də “ANP - NB - YDM” logistik modelinin qraf-sxemi verilmişdir.



Şəkil 4.3.1. “ANP-NB-YDM” logistik modelinin qraf sxemi

Mövqelər çoxluğunun (16x19) ölçülü $F(16,19)$ giriş, keçidlər çoxluğunun (16x19) ölçülü $H(16,19)$ çıxış və insidentlik matrisləri uyğun olaraq aşağıdakı kimi təsvir olunur:

Kompüter simulyasiyası ilə rəngli və zaman Petri şəbəkəsi şəklində *NV-nin* yerdəyişmə modelinin struktur elementləri matris şəklində təsvir olunmuş, konflikt vəziyyətində olan icazəli keçidlərin yerinə yetirilməsi məsələsi həll edilmiş, şəbəkənin mövqe və keçidlərinin sayı azalaraq modelləşdirmə prosesi sadələşmiş və sürətlənmişdir. *Delphi 7.0* sistemində proqram təminatı işlənmiş, onun tətbiqi kifayət qədər böyük ölçülü matrislərə malik məsələləri həll etməyə imkan verir, bu isə mürəkkəb paylanmış sistemlərin modelləşdirilməsi tələblərinə tam cavab verir.

IV fəslin nəticələri:

1. Neft məhsullarının nəql olunması üsulları, xüsusiyyətləri, paylayıcı neft bazalarının fəaliyyəti təhlil olunaraq logistika üsullarının üstünlükləri və çatışmazlıqları göstərilmişdir.

2. Neft məhsullarının logistikasında nəqliyyat vasitələrinin yerdəyişməsinin mümkün variantlarının struktur sxemi işlənmiş, sxemə uyğun olaraq NV-nin yerdəyişmə modeli RPŞ-i şəklində qurulmuşdur. RPŞ-nin strukturu, mövqelər, keçidlər, rənglər çoxluğu formalaşdırılmış, keçidlərin yerinə yetirilməsi üçün rənglərin paylanması funksiyası əsasında qaydalar təyin edilmişdir. Kompüter simulyasiyası reallaşdırılaraq NV-nin yerdəyişmə modelinin keçidləri ardıcılığının trayektoriyası tapılmışdır. NV-nin yerdəyişmə modelinin qraf-sxemi qurulmuşdur.

3. Nəqliyyat vasitəsinin “*ANP-NB-YDM*” yerdəyişməsinin logistik modeli zaman PŞ-i şəklində işlənmişdir. Modelin struktur elementləri mövqelər, keçidlər çoxluğunun, keçidlərin yerinə yetirilməsi zamanı vektorun elementləri təsvir olunaraq təyin edilmişdir. Kompüter eksperimenti aparılaraq “*ANP-NB-YDM*” logistik modelinin keçidlər ardıcılığı trayektoriyası tapılmışdır. “*ANP-NB-YDM*” logistik modelinin qraf-sxemi qurulmuşdur.

4. Neft məhsullarının logistikası modellərinin fəaliyyəti üçün produksiya qaydaları bazası yaradılmışdır.

Nəticə

Dissertasiya işində Petri şəbəkəsinin tətbiqi ilə neft bazalarında texnoloji proseslərin modelləşdirilməsi və idarə olunmasının model və alqoritmləri işlənmişdir. Aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1. Neft və neft məhsullarının qəbulu, saxlanması, daşınması üçün istifadə olunan neft bazaları təsnif edilərək, texnoloji proseslərin əsas parametrləri təyin edilərək onların idarə olunmasının modelləşdirmə aparatlarının seçilməsi əsaslandırılmışdır.

2. Qeyri-müəyyən mühitdə rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun təyini və tənzimlənməsi üçün qeyri-səlis $PŞ$ -i və C_f tipli qeyri-səlis $PŞ$ -i şəklində qərar qəbuletmə modelləri təklif edilmiş və işlənmişdir.

3. Qeyri-müəyyən mühitdə rezervuarlarda neft məhsullarının sıxlığının təyini üçün qərar qəbuletmə modeli işlənmişdir. Modelin qeyri-səlis produksiyalar sisteminə əsaslanan qaydalar bazası yaradılmış, *Mamdani alqoritmi* əsasında məntiqi nəticə çıxarma mexanizmi işlənmişdir.

4. Rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi və sıxlığının təyini modelləri Fuzzy və PID inteqrasiya sistemlərində işlənmiş, MATLAB/Simulink mühitində simulyasiyası reallaşdırılmışdır.

5. Rezervuarda neft məhsullarının sıxlığının avtomatlaşdırılmış hesablanması alqoritmi təklif edilmiş və işlənmişdir. Alqoritm tətbiqi ilə kompüter eksperimenti nəticəsində sınaq olunan müxtəlif növ neft məhsullarının sıxlığı hesablanmışdır.

6. Paylayıcı neft bazalarında neft məhsullarının logistikası üçün nəqliyyat vasitələrinin yerdəyişmə modeli rəngli $PŞ$ -i şəklində işlənmişdir.

7. Paylayıcı neft bazalarında nəqliyyat vasitələrinin «Nəqliyyat vasitələri - neft bazaları - yanacaq doldurma məntəqələri» yerdəyişməsinin logistik modeli zaman $PŞ$ -i şəklində işlənmişdir. İşlənmiş logistika modelinin fəaliyyəti və idarə olunmasının produksiya qaydalar bazası yaradılmışdır.

8. Qeyri-müəyyən mühitdə rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi və sıxlığının təyin edilməsinin proqram təminatı *Matlab mühitində Fuzzy Logic Toolbox* genişləndirilmiş proqram paketinin tətbiqi ilə reallaşdırılmışdır.

İstifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı

Azərbaycan dilində

1. Allahverdiyeva, K.Ə. Qeyri-müəyyən mühitdə neft məhsullarının sıxlığının təyin edilməsinin proqram təminatının realizasiyası // Sumqayıt Dövlət Universiteti, Elmi xəbərlər. Texnika və təbiət elmlər bölməsi, - 2021. Cild 21, №3, - s. 72-78.
URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47176426>
2. Allahverdiyeva, K.Ə. Neft məhsullarının cari sıxlığının avtomatlaşdırılmış hesablanması alqoritmi // İnformasiya sistemləri və texnologiyalar nailiyyətlər və perspektivlər, Beynəlxalq elmi konfransının materialları, - Sumqayıt: - 09 -10 iyul, - 2020, - s. 55-57.
URL: <https://www.ssu-conferenceproceedings.edu.az/pdf/muhendislik.pdf>
3. Allahverdiyeva, K.Ə. Neft məhsullarının cari sıxlığının avtomatlaşdırılmış hesablanması alqoritmi // - Sumqayıt: Sumqayıt Dövlət Universiteti, Elmi xəbərlər. Texnika və təbiət elmlər bölməsi, - 2021. cild 21, №2, - s. 69-74.
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46287066>
4. Allahverdiyeva, K.Ə. Neft məhsulunun temperaturunun tənzimlənməsinin şəbəkə modeli // Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları, IV Respublika elmi konfransı, - Sumqayıt: - 09 - 10 dekabr, - 2021, - s. 212-215.
URL: <https://www.ssuconferenceproceedings.edu.az/pdf/riyaziyyat2021.pdf>
5. Kazımov, N.M., Allahverdiyeva, K.Ə. Avtonəqliyyat vasitəsilə neft məhsullarının paylanması texnoloji prosesinin modelləşdirilməsi // Müasir informasiya, ölçmə və idarəetmə sistemləri: problemlər və perspektivlər, I beynəlxalq elmi-praktik konfransının materialları (MİÖİS: MPP 2019), Bakı: - 01 - 02 iyul, - 2019, - s. 242-243. URL: E-ISBN 978-9949-01-395-1 (pdf) elektron pdf formada
6. Kazımov, N.M., Allahverdiyeva, K.Ə. Neft məhsullarının logistikasında nəqliyyat vasitəsinin yerdəyişmə modeli // - Bakı: Azərbaycan Texniki

Universiteti, Elmi əsərlər. - 2019. cild 19, №1, - s. 97-104.
URL:http://aztu.edu.az/azp//elmi_tedqiqat/scientific_research/az/files/journal-2019-1.jsp

7. Kazımov, N.M., Allahverdiyeva, K.Ə. Paylayıcı neft bazasının ümumiləşdirilmiş arxitekturası // İnformasiya sistemləri və texnologiyalar nailiyyətlər və perspektivlər, I Beynəlxalq elmi konfransının materialları, - Sumqayıt: -15-16 noyabr, - 2018, - s. 81-82.
URL:https://www.sdu.edu.az/userfiles/file/conferences/1516%20noyabr%202018ci_il%20Beyn%C9%99lxalq%20elmi%20konfrans%C4%B1n%C4%B1n%20material%C4%B1.pdf
8. Mustafayev, V.A., Allahverdiyeva, K.Ə. Rezervuar parkının kommersiya uçotu üçün ölçmələrin qeyri-müəyyənliyinin hesablanması // İnformasiya sistemləri və texnologiyalar nailiyyətlər və perspektivlər, III Beynəlxalq elmi konfransının materialları, - Sumqayıt: -08-09 dekabr, - 2022, - s. 39-41.
URL:https://www.ssuconferenceproceedings.edu.az/pdf/muhendislik_2022.pdf

Rus dilində

9. Атаев, Q.N., Аллахвердиева, K.A. Алгоритм вычисление плотности нефтепродукта на основе экспериментальных данных // Материалы I Международной научной конференции «Информационные системы и технологии: достижение и перспективы». - Сумгаит: - 15-16 ноября, - 2018, - с. 426-427.
URL:https://www.sdu.edu.az/userfiles/file/scientific_publications/sp_14.pdf
10. Абузова, Ф.Ф. Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении. / Ф.Ф. Абузова, И.С. Бронштейн, В.Ф. Новоселов; - Москва: Недра, - 1981. - 248 с.
11. Аверкин, А.Н. Нечеткие множества и искусственный интеллект. / А.Н. Аверкин, И.З. Батыршин, А.Ф. Блишун и др.; Под ред. Д.А. Поспелова - Москва: Наука, - 1986. - 312 с.

12. Алиев, Р.А. Трубопроводный транспорт нефти и газа. / Р.А. Алиев, В.Д. Белоусов, А.Г. Немудров, В.А. Юфин, Е.И. Яковлев; Москва: Недра, - 1988. - 368 с.
13. Аллахвердиева, К.А. Анализ технологических процессов распределительных нефтебаз // - Уфа: Наука, технология, производство-2017 «Прикладная наука как инструмент развития нефтехмических производств» 22 май, - 2017. - с. 177-179. URL: <http://slv.rusoil.net/b/page/nauka-i-innovacii>
14. Аллахвердиева, К.А. Временная диаграмма работы системы массового обслуживания при отпуска нефтепродуктов автомобильным транспортом // Материалы XXI Республиканской научной конференции докторантов и молодых исследователей, - Баку: - 24 октябрь, - 2017. - с. 20-22.
15. Аллахвердиева, К.А. Продукционная модель принятия решения для определения плотности нефтепродукта в условиях неопределенности // Материалы XXXII международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях», - Санкт-Петербург: 3-7 июнь, - 2019. - с. 11-16.
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41065846>
16. Аллахвердиева, К.А. Реализация программного обеспечения для определения плотности нефтепродукта в условиях неопределенности // Материалы двадцать второй Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2021), Москва: Изд-во МАИ, Алушта: - 04-13 сентября, - 2021, - с. 101-103.
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47453386>
17. Аллахвердиева, К.А. Сетевая модель логистики нефтепродуктов в условиях неопределенности // Материалы XIV международной научной конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы математики

- и информатики», Махачкала: - 16 - 19 сентября, - 2021, - с. 13-15. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47154309>
18. Аллахвердиева, К.А. Создание база правил для определения плотности нефтепродуктов в условиях неопределенности // Материалы XXII Республиканской научной конференции докторантов и молодых исследователей, - Баку: - 22-23 ноябрь, - 2018. - с. 207-208.
 19. Амен, Соуд Абдалазез Мохаммед, А. В. Прохоров, О. Е. Федорович. Координация взаимодействия агентов при моделировании процессов нефтепродуктообеспечения // - Харьков: Национальный аэрокосмический университет Н.Е. Жуковского. Радиоэлектроника и компьютерные системы, - 2012. №4 (56), - с. 185-192. URL: <https://www.hcu.edu.iq/modules/research/res/11630679188231566.pdf>
 20. Антипов, В.Н. Хранение нефти и нефтепродуктов. / Г.В. Бахмат, Г.Г. Васильев; - Издательство: М.: Нефть и Газ, - 2003. - 560 с.
 21. Антонова, Е.О. Основы нефтегазового дела: Учеб. для вузов. Е.О. Антонова, Г.В. Крылов, А.Д. Прохоров, О.А. Степанов; М:ООО «Недра-Бизнесцентр», - 2003. - 307 с.
 22. Атаев, Г. Н. Модель принятия решений для определения плотности нефтепродукта в условиях неопределенности / Г. Н. Атаев, Н. М. Кязимов, К. А. Аллахвердиева // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. - 2018. - № 4(114). - С. 110-120. - DOI 10.17122/ntj-oil-2018-4-110-120. - EDN XTUVVR. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35290059>
 23. Атажахов, З.Д. Логистические основы нефтепродукт обеспечения / З.Д. Атажахов. - Ростов-на-Дону: Инфраструктура рынка: проблемы и перспективы: учен. записки. Выпуск 10, РГЭУ, - 2004. - с. 43-52.
 24. Ахмедов, М.А., Мустафаев, В.А. Моделирование динамических взаимодействующих процессов с применением стохастических и нечетких сетей Петри // - Киев: Электронное моделирование, - 2013. Том 35, №4, - с. 109-121.

25. Ахмедов, М.А., Мустафаев, В.А. Разработка алгоритма анализа достижимости стохастических алгебраических сетей Петри // Вестник компьютерных и информационных технологий, №9 (111), Москва, 2013, - с. 34-39.
26. Банчук, В.А. Транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и газа. / В.А. Банчук. - Москва: Недра, - 1977. - 362 с.
27. Бахтизин, Р.Н. Транспорт и хранение высоковязких нефтей и нефтепродуктов. Применение электроподогрева. Р.Н. Бахтизин, А.К. Галлямов. - Москва: Химия, 2004. - 193 с.
28. Башкин, В.А. Эквивалентность ресурсов в сетях Петри. / В.А. Башкин, Н.А. Ломазова. - Москва: Научный мир,- 2008. - 208 с.
29. Башкирцева, Н.Ю. Применение поверхностно-активных веществ в процессах подготовки и транспортировки нефти. / Н.Ю. Башкирцева, О.Ю. Сладовская, Р.Р. Рахматуллин, Р.Р. Мингазов, Т.Ф. Ганиева; Казанский национальный исследовательский технологический университет: - 2016. - 168 с.
30. Безбородов, Ю.Н. Технологическое оборудование для АЗС и нефтебаз. Часть 2. / Ю.Н. Безбородов, О.Н. Петров, А.Н. Сокольников, А.Л. Фельдман; Красноярск СФУ. -2015. - 172 с.
31. Беянин, Б.В. Технический анализ нефтепродуктов и газа. / Б.В. Беянин, В.Н. Эрих, В.Г. Корсаков - Л.: Химия. - 1979. - 224 с.
32. Бенькович, Е. Практическое моделирование динамических систем. / Е. Бенькович, Ю. Колесова, Ю. Сениченкова; - СПб: БХВ, - 2002. - 464 с.
33. Боев, В.Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World. / В.Д. Боев. - Петербург: БХВ, - 2004. - 368 с.
34. Борисов, В.В. Нечеткие модели и сети. 2-е издание. / В.В. Борисов, В.В. Круглов, Ф.С. Федулов; - Москва: Горячая Линия - Телеком, - 2018. - 284 с.

35. Васильев, Г.Г. Трубопроводный транспорт нефти: В 2 т. Том 1. / Г.Г. Васильев, Г.Е. Коробков, А.А. Коршак и др.; под редакцией С.М. Вайнштока; - М.: Недра, - 2002. - 407 с.
36. Гаджиев, Ч.М., Исаев, М.М. Методы обработки измерений в ИИС определения массы нефтепродуктов в резервуарах. / Ч.М.Гаджиев, М.М. Исаев. - Баку: - Элм, Монография. - 2000. - 94 с.
37. Гуревич, И.Л. Технология переработки нефти и газа. В 3 т. Том 1. / И.Л. Гуревич. - М.: Химия, - 1972. - 361 с.
38. Драбкина, А.Е. Химия нефти и газа. / А.Е. Драбкина; Под ред. В.А. Проскурякова, - СПб.: Химия, - 1995. - 448 с.
39. Дьяконов, В.П. MATLAB / Полный самоучитель. / В.П.Дьяконов. - Москва: ДМК Пресс, - 2012. - 768 с.
40. Емельянов, С.В. Управления ГПС: Модели и алгоритмы. / Под. общ. ред. академика АН СССР С.В. Емельянова, - Москва: Машиностроение, - 1987. - 368 с.
41. Зайцев, Д.А., Слепцов А.И. Уравнение состояний и эквивалентные преобразования временных сетей Петри // Кибернетика и системный анализ, №5, 1997, - с. 59-76.
42. Исаев, М.М. Методы и средства коммерческого учета нефтепродуктов в потоке. / М.М. Исаев; Баку: Издательство Элм, - 2010. - 164 с.
43. Исаев, М.М. О новой разновидности тестовых методов повышения точности измерений // Проблемы получения, обработки и передачи измерительной информации: материалы I международной научной конференции - Уфа: РИК УГАТУ, - 2017. - с.56-59
44. Капустин, В.М. Технология переработки нефти. [в 4 частях]. Первичная переработка нефти / В.М. Капустин, М.Г. Рудин; - Москва: Химия, - Часть первая. - 2013. - 498 с.
45. Карпов, А.Б. Современные методы анализа газа и газоконденсата. / А.Б. Карпов, А.М. Козлов, Ф.Г. Жагфаров - Москва: Российский

- государственный университет нефти и газа имени И.М.Губкина, 2015. - 234с.
46. Кирсанов, Ю. Г. Анализ нефти и нефтепродуктов. / Ю. Г. Кирсанов, М. Г. Шишов, А. П. Коняева; - Екатеринбург: Урал, - 2016. - 88 с.
 47. Коннова, Г.В. Оборудование транспорта и хранения нефти и газа. / Г.В. Коннова. Ростов-на-Дону: Феникс, - 2006. - 128 с.
 48. Константайн, Л.Л. Разработка программного обеспечения. / Л.Л. Константайн, Л.А.Ловкуд; - СПб: Питер - 2004. - 592 с.
 49. Коршак, А.А. Нефтебазы и автозаправочные станции. / А.А. Коршак. - Москва: Феникс, - 2015. - 496 с.
 50. Коршак, А.А. Нефтебазы и АЗС: Транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и газа. / А.А. Коршак, Г.Е. Коробков, Е.М. Муфтахов; - Уфа: ДизайнПолиграфСервис, - 2006. - 415 с.
 51. Котов, В.Е. Сети Петри. / В.Е.Котов. - Москва: Наука, - 1984. - 160 с.
 52. Кязимов, Н.М., Аллахвердиева, К.А. Особенности технологических процессов распределительных нефтебаз при транспортировке нефти и нефтепродуктов //- Сумгаит: «Научные известия» СГУ, Естественные и технические науки, - 2017. Том 17, №2, - с. 73-76.
URL:https://www.sdu.edu.az/userfiles/file/scientific_publications/EX%202-17T.pdf
 53. Кязимов, Н.М., Аллахвердиева, К.А., Краткий обзор автоматизации технологических процессов нефтебаз //- Сумгаит: «Научные известия» СГУ, Естественные и технические науки, - 2016. Том 16, №2, - 82-88 с.
URL:https://www.sdu.edu.az/userfiles/file/scientific_publications/sp_14.pdf
 54. Кязимов, Н.М., Аллахвердиева, К.А. Модель передвижения транспортных средств для логистики нефтепродуктов // Материалы XIII международной научной конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы математики и информатики», Махачкала: - 16 - 20 сентября, - 2019, - с. 90-92.
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41691082>

55. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и Fuzzy TECH. / А.В. Леоненков. - Санкт Петербург: БХВ-Петербург, - 2005. - 717 с.
56. Лескин, А.А. Сети Петри в моделировании и управлении / А.А.Лескин, П.А.Мальцев, А.М. Спиридонов; - Ленинград: Наука, - 1989. - 133 с.
57. Ломазова, Н.А. Объектно-ориентированные сети Петри: Формальная семантика и анализ систем с объектной структурой. / Н.А. Ломазова. - Сб.науч.тр. РАН СО Ин-т систем и информатики. Вып. 8. Теория и методология программирования. - 2004. - 208 с.
58. Лутошкин, Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды. 3-е изд., стереотипное. / Г.С. Лутошкин. - М.: ООО ТИД Альянс, - 2005. - 319 с.
59. Мустафаев, В. А. Модель принятия решений для регулирования температуры нефтепродукта в условиях неопределенности / В. А. Мустафаев, К. А. Аллахвердиева // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2022. - Т. 18, № 1. - С. 29-35. - DOI 10.36622/VSTU.2022.18.1.003. - EDN JBMTKM. URL:https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48007172_81182839.pdf
60. Мустафаев, В.А. Анализ нечетких продукционных моделей динамических взаимодействующих процессов // - Москва: Вестник компьютерных и информационных технологий, - 2012. № 5 (95), - с. 25-30 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17730356>
61. Мустафаев, В.А. Гусейнзаде, Ш.С. Разработка модели управления обрабатывающего центра с применением раскрашенных сетей Петри // - Москва: Вестник компьютерных и информационных технологий, - 2018. №3 (155), - с. 36-44. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32658182>
62. Мустафаев, В.А. Салманова, М.Н. Сетевая модель обрабатывающего центра в производственной системе механообработки // - Сумгаит: «Научные известия» СГУ, Естественные и технические науки, - 2018.

Том 18, №4, - 65-69 с. URL: <https://www.ssu-scientificnews.edu.az/pdf/T18-4.pdf>

63. Мустафаев, В.А., Салманова, М.Н. Разработка алгоритма функционирования и анализа стохастических алгебраических сетей Петри // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Актуальные проблемы автоматизации и управления», -Баку: -27 декабря, - 2012, - с. 296-298.
64. Мамонов, А.А. Измерение плотности нефтепродуктов и создание средств измерений коэффициентов объемного расширения нефтепродуктов. / А.А. Мамонов, В.Я., Черепанов, Г.В. Шувалов, О.А. Ясырова; СГГА, ФГУП «СНИИМ», Новосибирск: - 2011. - 5 с.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmerenie-plotnosti-nefteproduktov-i-sozdanie-sredstv-izmereniy-koeffitsientov-obemnogo-rasshireniya-nefteproduktov>
65. Нильсон, Н. Принципы искусственного интеллекта. / Пер. с англ. Москва: - Радио и связь, - 1986, - 376 с.: ил.
66. Оленев, Н.М. Хранение нефти и нефтепродуктов. / Н.М. Оленев. - Ленинград: Недра, - 1964. - 429с.
67. Оре, О. Теория графов. / О. Оре - Москва: Наука, - 1980. 336 с.
68. Осуга, С. Обработка знаний. Пер. С англ. / С. Осуга. - Москва: Мир, - 1986. - 293 с.
69. Пахно А. Перевозка нефтепродуктов в автоцистернах. / А. Пахно, В. Шок; - М.: Спецпортал, - 2017. - 231 с.
70. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. / Дж. Питерсон. - Москва: Мир, - 1984. - 264 с.
71. Поспелев, Г.С. Искусственный интеллект - основа новой информационной технологии. / Г.С. Поспелев - Москва: Наука, - 1988. - 280 с.

72. Поспелева, Д.А. Искусственный интеллект: В 3-х кн. Кн.2. Модели и методы. Справочник / Д.А. Поспелев. - Москва: Радио и связь, - 1990. - 304 с.
73. Поспелов, Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. / Д.А. Поспелев. - Москва: Энергоатомиздат, - 1981. - 232 с.
74. Поспелова, Д.А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. / Д.А. Поспелов. - Москва: Наука, - 1986, - 312 с.
75. Радченко, Е.Д. Справочник нефтепереработчика: Метод определения плотности. 5 ГОСТ 900-85. / Е.Д. Радченко, М.Г. Рудина; Под ред. Г.А. Ластовкина - Ленинград: Химия, - 1986. - 648 с.
76. Сибаров, Д.А. Определение плотности нефтепродуктов пикнометрическим способом. / Д.А. Сибаров, Н.В.Лисицын. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2005. - 99 с.
77. Слепцов, А.Н. Автоматизация проектирования управляющих систем гибких автоматизированных производств. / А.Н. Слепцов, А.А. Юрасов; Под ред. Б.Н. Малиновского - Киев: Техника, - 1986. - 110 с.
78. Фатхутдинов, А.Ш. Автоматизированный учет нефти и нефтепродуктов при сборе, транспорте и переработке. / «Нефтеавтоматика», Уфа - АО: А. Ш. Фатхутдинов, М.А. Слепян, Е.А. Золотухин, Т.А. Фатхутдинов, Г.Ю. Коловертнов; - 1999. - 114 с.
79. Фукс, И. Г. Нефть, газ и продукты их переработки. / И.Г. Фукс, Б.П. Холодов. - М.: Нефть и газ, - 1994. - 163 с.
80. Черушева, Т.В. Теория массового обслуживания. / Т.В. Черушева, Н.В. Зверовщикова; - Пенза: Изд-во ПГУ, - 2021. -224 с.
81. Шишов, О.В. Современные средства АСУТП: / О.В. Шишов - Москва: -Вологда: Инфра-Инженерия, - 2021. - 532 с.: ил.

İngilis dilində

82. Agam, Kumar Tyagi. MATLAB and SIMULINK for Engineers. Agam Kumar Tyagi; Oxford University Press: PAP/CDR edition. - 2012. - p. 492.
83. Akhmedov, M.A., Mustafayev, V.A. Development of Fuzzy model for investigation functioning active elements of the flexible manufacture module // Proceedings ninth international conference on application of Fuzzy systems and soft computing (ICAFS - 2010), - Prague: - august 26-27, - 2010, - p. 315-320.
84. Akhmedov, M.A., Mustafayev, V.A., Salmanova, M.N. Fuzzy models of active elements Working in the flexible manufacture system // Proceedings the third international conference “Problems of Cybernetics and Informatics” (PCI 2010), Volume I, - Baku: - 6-9 september, - 2010, - p. 44-46. URL: <https://ict.az/uploads/konfrans/PCI2010/PCI%202010%20V%201/11.pdf>
85. Bequette, B.W. Process Dynamics and Control. - Cambridge University Press: 2020. - p. 510.
86. Dorf, R.C., Bishop, R.H. Modern Control Systems. - Pearson: 2021. - p. 1104.
87. Gokcol, C.A., Bilgen, F. Properties of crude oil and petroleum products at different temperatures. / Springer, New York. - 2014. - p. 210.
88. McLeod, Raymond. *Oil and Gas Supply Chain Management: Logistics and Distribution*. / Springer: 2013. - p. - 250.
89. Michel, Diaz. Petri Nets: Fundamental Models, Verification and Applications. / Great Britain by CPI Antony Rowe, Chippenham and Eastbourne. - 2009. - p. 613.
<https://juancarlosvergaras.files.wordpress.com/2013/09/petri-nets-fundamental-models-verification-and-applications.pdf>
90. Mohammad, Nuruzzaman. Modeling and Simulation In SIMULINK for Engineers and Scientists Paperback. / Mohammad Nuruzzaman; - 2005. – p. 240.

91. Nise, N.S. Control Systems Engineering. - Wiley: 2021. - p. 976.
92. Ogata, K. Modern Control Engineering. - Pearson: 2020. - p. 904.
93. Odd Joran, Sagegg, Erlend, Alfnes. ERP systems for manufacturing supply chains: Applications, configuration, and performance. / Auerbach publications: - 2019. - p. 241.
94. Ross, T.J. Fuzzy Logic with Engineering Applications. - John Wiley & Sons: 2016. - p. 606.
95. Sadeghi, Nader. *Petroleum Logistics and Supply Chain Management*. / CRC Press: Boca Raton. - 2017, - p. 280.
96. Wang, L. Model Predictive Control System Design and Implementation Using MATLAB. - Springer: 2017. - p. 398.
97. Wolfgang, Reisig. Understanding Petri Nets: Modeling Techniques, Analysis Methods, Case Studies. Wolfgang Reisig. Springer: - 2013. - p. 257.
98. Wilson, Jeff. Modeling the oil industry. / Kalmbach publishing: Waukesha. - 2020. - p. 160.
99. Zuber, W.M. Timed Petri nets and preliminary performance evaluation // Proc. IEEE 7th Annu. Symp. Comput, Architecture, La Baule, France, 1980, p.89-96.

Elektron resurslar

100. ГОСТ Р 51069-97: Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API ареометром. [Электронный ресурс] /URL:
<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294850/4294850544.pdf>
101. ГОСТ 3900-85: Межгосударственный Стандарт. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности. [Электронный ресурс] / URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294824/4294824357.pdf>
102. ГОСТ 33157- 2014: Межгосударственный стандарт. Нефтепродукты. Метод определения давления насыщенных паров.

- [Электронный ресурс] / URL:
<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293763/4293763524.pdf>
103. Система учёта Raptor. [Электронный ресурс] / URL:
https://rosemeter.nt-rt.ru/images/manuals/RSE_RAPTOR_TSP.pdf
104. Системы информационно-измерительные для коммерческого учета и управления резервуарными парками RTG. [Электронный ресурс] / URL:
<https://www.emerson.com/documents/automation/%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%83%D1%87%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%B2%D1%83%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%85-rosemount-ru-ru-81750.pdf>
105. Tank Gauging Система оперативного и коммерческого учета массы продукта в резервуарных парках. [Электронный ресурс] / URL: <https://portal.endress.com/wa001/dla/5000392/4132/000/02/CP00023G.pdf>
106. Система коммерческого учета и контроля резервуарных запасов парка товарных нефтепродуктов Entis- т.910-01. [Электронный ресурс] / URL: <https://all-pribors.ru/opisanie/78587-20>
107. Количественный учет нефти и нефтепродуктов. [Электронный ресурс] / URL: https://ros-pipe.ru/tekh_info/tekhnicheskie-stati/khranenie-i-transportirovka-nefteproduktov/kolichestvennyy-uchet-nefti-i-nefteproduktov/

Əlavələr

Əlavə 1. Rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi üçün nəzarət sisteminin MATLAB Fuzzy logic Tollbox mühitində məntiqi nəticə çıxarma strukturunun proqram təminatı

(Qeyd: Proqram Matlab 2023b versiyasında tərtib olunmuşdur)

```
[System]
Name='ventil_tenzimleyici_1'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=11
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='Temperatur'
Range=[-20 50]
NumMFs=3
MF1='Asagi':trimf,[-20 -20 15]
MF2='Orta':trimf,[-9.814 15.185 40.185]
MF3='Yuksek':trimf,[15 50 50]

[Input2]
Name='Suret'
Range=[-10 10]
NumMFs=3
MF1='Menfi':trimf,[-10 -10 -1]
MF2='Sifir':trimf,[-3 0 3]
MF3='Musbet':trimf,[1 10 10]

[Output1]
Name='Ventil'
Range=[0 90]
NumMFs=5
MF1='BoyukSol':trimf,[0 0 30]
MF2='KicikSol':trimf,[20 35 50]
MF3='Saxla':trimf,[40 50 60]
MF4='KicikSag':trimf,[50 65 80]
MF5='BoyukSag':trimf,[70 90 90]

[Rules]
1 1, 5 (1) : 1
1 2, 4 (1) : 1
1 3, 4 (1) : 1
2 1, 3 (1) : 1
2 2, 2 (1) : 1
2 3, 3 (1) : 1
3 1, 2 (1) : 1
3 2, 2 (1) : 1
3 3, 1 (1) : 1
2 2, 3 (1) : 1
3 2, 4 (1) : 1
```

Əlavə 2. Rezervuarda neft məhsullarının temperaturunun tənzimlənməsi üçün Fuzzy-PID əsaslı ventil nəzarət sisteminin MATLAB/Simulink mühitində yaradılmış modelinin xətasının hesablanması proqramı

```
r = 20;
y = out.Temp;

n = length(y);
son = min(100, n);
yy = y(end - son + 1:end);
rr = r * ones(size(yy));

e = rr - yy;

mae = mean(abs(e));
mse = mean(e.^2);
rmse = sqrt(mse);
ise = trapz(1:length(e), e.^2);
iae = trapz(1:length(e), abs(e));

fprintf(' MAE : %.6f\n', mae);
fprintf(' MSE : %.6f\n', mse);
fprintf(' RMSE : %.6f\n', rmse);
fprintf(' ISE : %.6f\n', ise);
fprintf(' IAE : %.6f\n', iae);
```

```
Command Window

>> r = 20;
y = out.Temp;

n = length(y);
son = min(100, n);
yy = y(end - son + 1:end);
rr = r * ones(size(yy));

e = rr - yy;

mae = mean(abs(e));
mse = mean(e.^2);
rmse = sqrt(mse);
ise = trapz(1:length(e), e.^2);
iae = trapz(1:length(e), abs(e));

fprintf(' MAE : %.6f\n', mae);
fprintf(' MSE : %.6f\n', mse);
fprintf(' RMSE : %.6f\n', rmse);
fprintf(' ISE : %.6f\n', ise);
fprintf(' IAE : %.6f\n', iae);
MAE : 0.006484
MSE : 0.000057
RMSE : 0.007545
ISE : 0.005573
IAE : 0.639782

fx >>
```

**Əlavə 3. Qeyri-müəyyən mühitdə neft məhsullarının sıxlığının təyin edilməsi modelinin
MATLAB Fuzzy Logic Toolbox mühitində icrası üçün proqram təminatı**
(Qeyd: Proqram Matlab 2023b versiyasında tərtib olunmuşdur)

```
[System]
Name='ELMI_ISIM_SIXLIGIN_HESABLANMASI_2025'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=3
NumOutputs=1
NumRules=729
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'
```

```
[Input1]
Name='Temperatur'
Range=[-20 50]
NumMFs=9
MF1='T1':trapmf,[-20 -20 -17 -12]
MF2='T2':trapmf,[-17 -12 -9 -4]
MF3='T3':trapmf,[-9 -4 -1 4]
MF4='T4':trapmf,[-1 4 9 14]
MF5='T5':trapmf,[9 14 19 24]
MF6='T6':trapmf,[19 24 29 34]
MF7='T7':trapmf,[29 34 39 44]
MF8='T8':trapmf,[39 44 47 50]
MF9='T9':trapmf,[47 50 50 50]
```

```
[Input2]
Name='Səviyyə'
Range=[0 20]
NumMFs=9
MF1='S1':trapmf,[0 0 1 2]
MF2='S2':trapmf,[1 2 4 6]
MF3='S3':trapmf,[4 6 8 10]
MF4='S4':trapmf,[8 10 11 12]
MF5='S5':trapmf,[11 12 13 14]
MF6='S6':trapmf,[13 14 15 16]
MF7='S7':trapmf,[15 16 17 18]
MF8='S8':trapmf,[17 18 19 20]
MF9='S9':trapmf,[19 20 20 20]
```

```
[Input3]
Name='Təzyiq'
Range=[0 1.5]
NumMFs=9
MF1='P1':trapmf,[0 0 0.1 0.2]
MF2='P2':trapmf,[0.1 0.2 0.3 0.4]
MF3='P3':trapmf,[0.3 0.4 0.5 0.6]
```

```
MF4='P4':trapmf,[0.5 0.6 0.7 0.8]
MF5='P5':trapmf,[0.7 0.8 0.9 1]
MF6='P6':trapmf,[0.9 1 1.1 1.2]
MF7='P7':trapmf,[1.1 1.2 1.3 1.4]
MF8='P8':trapmf,[1.3 1.4 1.45 1.5]
MF9='P9':trapmf,[1.45 1.5 1.5 1.5]
```

[Output1]

Name='Sixliq'

Range=[700 800]

NumMFs=9

```
MF1='D1':trapmf,[700 700 710 720]
MF2='D2':trapmf,[710 720 730 740]
MF3='D3':trapmf,[730 740 750 760]
MF4='D4':trapmf,[750 760 765 770]
MF5='D5':trapmf,[765 770 775 780]
MF6='D6':trapmf,[775 780 785 790]
MF7='D7':trapmf,[785 790 795 797]
MF8='D8':trapmf,[795 797 799 800]
MF9='D9':trapmf,[799 800 800 800]
```

[Rules]

```
1 1 1, 1 (1) : 1
1 1 2, 1 (1) : 1
1 1 3, 2 (1) : 1
1 1 4, 2 (1) : 1
1 1 5, 2 (1) : 1
1 1 6, 3 (1) : 1
1 1 7, 3 (1) : 1
1 1 8, 3 (1) : 1
1 1 9, 4 (1) : 1
1 2 1, 1 (1) : 1
1 2 2, 2 (1) : 1
1 2 3, 2 (1) : 1
1 2 4, 2 (1) : 1
1 2 5, 3 (1) : 1
1 2 6, 3 (1) : 1
1 2 7, 3 (1) : 1
1 2 8, 4 (1) : 1
1 2 9, 4 (1) : 1
1 3 1, 2 (1) : 1
1 3 2, 2 (1) : 1
1 3 3, 2 (1) : 1
1 3 4, 3 (1) : 1
1 3 5, 3 (1) : 1
1 3 6, 3 (1) : 1
1 3 7, 4 (1) : 1
1 3 8, 4 (1) : 1
1 3 9, 4 (1) : 1
1 4 1, 2 (1) : 1
1 4 2, 2 (1) : 1
1 4 3, 3 (1) : 1
1 4 4, 3 (1) : 1
1 4 5, 3 (1) : 1
1 4 6, 4 (1) : 1
```

147,4(1):1	226,3(1):1	295,5(1):1	374,5(1):1
148,4(1):1	227,4(1):1	296,6(1):1	375,5(1):1
149,5(1):1	228,4(1):1	297,6(1):1	376,5(1):1
151,2(1):1	229,4(1):1	298,6(1):1	377,6(1):1
152,3(1):1	231,2(1):1	299,7(1):1	378,6(1):1
153,3(1):1	232,2(1):1	311,2(1):1	379,6(1):1
154,3(1):1	233,3(1):1	312,2(1):1	381,4(1):1
155,4(1):1	234,3(1):1	313,2(1):1	382,4(1):1
156,4(1):1	235,3(1):1	314,3(1):1	383,5(1):1
157,4(1):1	236,4(1):1	315,3(1):1	384,5(1):1
158,5(1):1	237,4(1):1	316,3(1):1	385,5(1):1
159,5(1):1	238,4(1):1	317,4(1):1	386,6(1):1
161,3(1):1	239,5(1):1	318,4(1):1	387,6(1):1
162,3(1):1	241,2(1):1	319,4(1):1	388,6(1):1
163,3(1):1	242,3(1):1	321,2(1):1	389,7(1):1
164,4(1):1	243,3(1):1	322,2(1):1	391,4(1):1
165,4(1):1	244,3(1):1	323,3(1):1	392,5(1):1
166,4(1):1	245,4(1):1	324,3(1):1	393,5(1):1
167,5(1):1	246,4(1):1	325,3(1):1	394,5(1):1
168,5(1):1	247,4(1):1	326,4(1):1	395,6(1):1
169,5(1):1	248,5(1):1	327,4(1):1	396,6(1):1
171,3(1):1	249,5(1):1	328,4(1):1	397,6(1):1
172,3(1):1	251,3(1):1	329,5(1):1	398,7(1):1
173,4(1):1	252,3(1):1	331,2(1):1	399,7(1):1
174,4(1):1	253,3(1):1	332,3(1):1	411,2(1):1
175,4(1):1	254,4(1):1	333,3(1):1	412,2(1):1
176,5(1):1	255,4(1):1	334,3(1):1	413,3(1):1
177,5(1):1	256,4(1):1	335,4(1):1	414,3(1):1
178,5(1):1	257,5(1):1	336,4(1):1	415,3(1):1
179,6(1):1	258,5(1):1	337,4(1):1	416,4(1):1
181,3(1):1	259,5(1):1	338,5(1):1	417,4(1):1
182,4(1):1	261,3(1):1	339,5(1):1	418,4(1):1
183,4(1):1	262,3(1):1	341,3(1):1	419,5(1):1
184,4(1):1	263,4(1):1	342,3(1):1	421,2(1):1
185,5(1):1	264,4(1):1	343,3(1):1	422,3(1):1
186,5(1):1	265,4(1):1	344,4(1):1	423,3(1):1
187,5(1):1	266,5(1):1	345,4(1):1	424,3(1):1
188,6(1):1	267,5(1):1	346,4(1):1	425,4(1):1
189,6(1):1	268,5(1):1	347,5(1):1	426,4(1):1
191,4(1):1	269,6(1):1	348,5(1):1	427,4(1):1
192,4(1):1	271,3(1):1	349,5(1):1	428,5(1):1
193,4(1):1	272,4(1):1	351,3(1):1	429,5(1):1
194,5(1):1	273,4(1):1	352,3(1):1	431,3(1):1
195,5(1):1	274,4(1):1	353,4(1):1	432,3(1):1
196,5(1):1	275,5(1):1	354,4(1):1	433,3(1):1
197,6(1):1	276,5(1):1	355,4(1):1	434,4(1):1
198,6(1):1	277,5(1):1	356,5(1):1	435,4(1):1
199,6(1):1	278,6(1):1	357,5(1):1	436,4(1):1
211,1(1):1	279,6(1):1	358,5(1):1	437,5(1):1
212,2(1):1	281,4(1):1	359,6(1):1	438,5(1):1
213,2(1):1	282,4(1):1	361,3(1):1	439,5(1):1
214,2(1):1	283,4(1):1	362,4(1):1	441,3(1):1
215,3(1):1	284,5(1):1	363,4(1):1	442,3(1):1
216,3(1):1	285,5(1):1	364,4(1):1	443,4(1):1
217,3(1):1	286,5(1):1	365,5(1):1	444,4(1):1
218,4(1):1	287,6(1):1	366,5(1):1	445,4(1):1
219,4(1):1	288,6(1):1	367,5(1):1	446,5(1):1
221,2(1):1	289,6(1):1	368,6(1):1	447,5(1):1
222,2(1):1	291,4(1):1	369,6(1):1	448,5(1):1
223,2(1):1	292,4(1):1	371,4(1):1	449,6(1):1
224,3(1):1	293,5(1):1	372,4(1):1	451,3(1):1
225,3(1):1	294,5(1):1	373,4(1):1	452,4(1):1

4 5 3, 4 (1) : 1	5 3 2, 3 (1) : 1	6 1 1, 3 (1) : 1	6 7 9, 7 (1) : 1
4 5 4, 4 (1) : 1	5 3 3, 4 (1) : 1	6 1 2, 3 (1) : 1	6 8 1, 5 (1) : 1
4 5 5, 5 (1) : 1	5 3 4, 4 (1) : 1	6 1 3, 3 (1) : 1	6 8 2, 5 (1) : 1
4 5 6, 5 (1) : 1	5 3 5, 4 (1) : 1	6 1 4, 4 (1) : 1	6 8 3, 6 (1) : 1
4 5 7, 5 (1) : 1	5 3 6, 5 (1) : 1	6 1 5, 4 (1) : 1	6 8 4, 6 (1) : 1
4 5 8, 6 (1) : 1	5 3 7, 5 (1) : 1	6 1 6, 4 (1) : 1	6 8 5, 6 (1) : 1
4 5 9, 6 (1) : 1	5 3 8, 5 (1) : 1	6 1 7, 5 (1) : 1	6 8 6, 7 (1) : 1
4 6 1, 4 (1) : 1	5 3 9, 6 (1) : 1	6 1 8, 5 (1) : 1	6 8 7, 7 (1) : 1
4 6 2, 4 (1) : 1	5 4 1, 3 (1) : 1	6 1 9, 5 (1) : 1	6 8 8, 7 (1) : 1
4 6 3, 4 (1) : 1	5 4 2, 4 (1) : 1	6 2 1, 3 (1) : 1	6 8 9, 8 (1) : 1
4 6 4, 5 (1) : 1	5 4 3, 4 (1) : 1	6 2 2, 3 (1) : 1	6 9 1, 5 (1) : 1
4 6 5, 5 (1) : 1	5 4 4, 4 (1) : 1	6 2 3, 4 (1) : 1	6 9 2, 6 (1) : 1
4 6 6, 5 (1) : 1	5 4 5, 5 (1) : 1	6 2 4, 4 (1) : 1	6 9 3, 6 (1) : 1
4 6 7, 6 (1) : 1	5 4 6, 5 (1) : 1	6 2 5, 4 (1) : 1	6 9 4, 6 (1) : 1
4 6 8, 6 (1) : 1	5 4 7, 5 (1) : 1	6 2 6, 5 (1) : 1	6 9 5, 7 (1) : 1
4 6 9, 6 (1) : 1	5 4 8, 6 (1) : 1	6 2 7, 5 (1) : 1	6 9 6, 7 (1) : 1
4 7 1, 4 (1) : 1	5 4 9, 6 (1) : 1	6 2 8, 5 (1) : 1	6 9 7, 7 (1) : 1
4 7 2, 4 (1) : 1	5 5 1, 4 (1) : 1	6 2 9, 6 (1) : 1	6 9 8, 8 (1) : 1
4 7 3, 5 (1) : 1	5 5 2, 4 (1) : 1	6 3 1, 3 (1) : 1	6 9 9, 8 (1) : 1
4 7 4, 5 (1) : 1	5 5 3, 4 (1) : 1	6 3 2, 4 (1) : 1	7 1 1, 3 (1) : 1
4 7 5, 5 (1) : 1	5 5 4, 5 (1) : 1	6 3 3, 4 (1) : 1	7 1 2, 3 (1) : 1
4 7 6, 6 (1) : 1	5 5 5, 5 (1) : 1	6 3 4, 4 (1) : 1	7 1 3, 4 (1) : 1
4 7 7, 6 (1) : 1	5 5 6, 5 (1) : 1	6 3 5, 5 (1) : 1	7 1 4, 4 (1) : 1
4 7 8, 6 (1) : 1	5 5 7, 6 (1) : 1	6 3 6, 5 (1) : 1	7 1 5, 4 (1) : 1
4 7 9, 7 (1) : 1	5 5 8, 6 (1) : 1	6 3 7, 5 (1) : 1	7 1 6, 5 (1) : 1
4 8 1, 4 (1) : 1	5 5 9, 6 (1) : 1	6 3 8, 6 (1) : 1	7 1 7, 5 (1) : 1
4 8 2, 5 (1) : 1	5 6 1, 4 (1) : 1	6 3 9, 6 (1) : 1	7 1 8, 5 (1) : 1
4 8 3, 5 (1) : 1	5 6 2, 4 (1) : 1	6 4 1, 4 (1) : 1	7 1 9, 6 (1) : 1
4 8 4, 5 (1) : 1	5 6 3, 5 (1) : 1	6 4 2, 4 (1) : 1	7 2 1, 3 (1) : 1
4 8 5, 6 (1) : 1	5 6 4, 5 (1) : 1	6 4 3, 4 (1) : 1	7 2 2, 4 (1) : 1
4 8 6, 6 (1) : 1	5 6 5, 5 (1) : 1	6 4 4, 5 (1) : 1	7 2 3, 4 (1) : 1
4 8 7, 6 (1) : 1	5 6 6, 6 (1) : 1	6 4 5, 5 (1) : 1	7 2 4, 4 (1) : 1
4 8 8, 7 (1) : 1	5 6 7, 6 (1) : 1	6 4 6, 5 (1) : 1	7 2 5, 5 (1) : 1
4 8 9, 7 (1) : 1	5 6 8, 6 (1) : 1	6 4 7, 6 (1) : 1	7 2 6, 5 (1) : 1
4 9 1, 5 (1) : 1	5 6 9, 7 (1) : 1	6 4 8, 6 (1) : 1	7 2 7, 5 (1) : 1
4 9 2, 5 (1) : 1	5 7 1, 4 (1) : 1	6 4 9, 6 (1) : 1	7 2 8, 6 (1) : 1
4 9 3, 5 (1) : 1	5 7 2, 5 (1) : 1	6 5 1, 4 (1) : 1	7 2 9, 6 (1) : 1
4 9 4, 6 (1) : 1	5 7 3, 5 (1) : 1	6 5 2, 4 (1) : 1	7 3 1, 4 (1) : 1
4 9 5, 6 (1) : 1	5 7 4, 5 (1) : 1	6 5 3, 5 (1) : 1	7 3 2, 4 (1) : 1
4 9 6, 6 (1) : 1	5 7 5, 6 (1) : 1	6 5 4, 5 (1) : 1	7 3 3, 4 (1) : 1
4 9 7, 7 (1) : 1	5 7 6, 6 (1) : 1	6 5 5, 5 (1) : 1	7 3 4, 5 (1) : 1
4 9 8, 7 (1) : 1	5 7 7, 6 (1) : 1	6 5 6, 6 (1) : 1	7 3 5, 5 (1) : 1
4 9 9, 7 (1) : 1	5 7 8, 7 (1) : 1	6 5 7, 6 (1) : 1	7 3 6, 5 (1) : 1
5 1 1, 2 (1) : 1	5 7 9, 7 (1) : 1	6 5 8, 6 (1) : 1	7 3 7, 6 (1) : 1
5 1 2, 3 (1) : 1	5 8 1, 5 (1) : 1	6 5 9, 7 (1) : 1	7 3 8, 6 (1) : 1
5 1 3, 3 (1) : 1	5 8 2, 5 (1) : 1	6 6 1, 4 (1) : 1	7 3 9, 6 (1) : 1
5 1 4, 3 (1) : 1	5 8 3, 5 (1) : 1	6 6 2, 5 (1) : 1	7 4 1, 4 (1) : 1
5 1 5, 4 (1) : 1	5 8 4, 6 (1) : 1	6 6 3, 5 (1) : 1	7 4 2, 4 (1) : 1
5 1 6, 4 (1) : 1	5 8 5, 6 (1) : 1	6 6 4, 5 (1) : 1	7 4 3, 5 (1) : 1
5 1 7, 4 (1) : 1	5 8 6, 6 (1) : 1	6 6 5, 6 (1) : 1	7 4 4, 5 (1) : 1
5 1 8, 5 (1) : 1	5 8 7, 7 (1) : 1	6 6 6, 6 (1) : 1	7 4 5, 5 (1) : 1
5 1 9, 5 (1) : 1	5 8 8, 7 (1) : 1	6 6 7, 6 (1) : 1	7 4 6, 6 (1) : 1
5 2 1, 3 (1) : 1	5 8 9, 7 (1) : 1	6 6 8, 7 (1) : 1	7 4 7, 6 (1) : 1
5 2 2, 3 (1) : 1	5 9 1, 5 (1) : 1	6 6 9, 7 (1) : 1	7 4 8, 6 (1) : 1
5 2 3, 3 (1) : 1	5 9 2, 5 (1) : 1	6 7 1, 5 (1) : 1	7 4 9, 7 (1) : 1
5 2 4, 4 (1) : 1	5 9 3, 6 (1) : 1	6 7 2, 5 (1) : 1	7 5 1, 4 (1) : 1
5 2 5, 4 (1) : 1	5 9 4, 6 (1) : 1	6 7 3, 5 (1) : 1	7 5 2, 5 (1) : 1
5 2 6, 4 (1) : 1	5 9 5, 6 (1) : 1	6 7 4, 6 (1) : 1	7 5 3, 5 (1) : 1
5 2 7, 5 (1) : 1	5 9 6, 7 (1) : 1	6 7 5, 6 (1) : 1	7 5 4, 5 (1) : 1
5 2 8, 5 (1) : 1	5 9 7, 7 (1) : 1	6 7 6, 6 (1) : 1	7 5 5, 6 (1) : 1
5 2 9, 5 (1) : 1	5 9 8, 7 (1) : 1	6 7 7, 7 (1) : 1	7 5 6, 6 (1) : 1
5 3 1, 3 (1) : 1	5 9 9, 8 (1) : 1	6 7 8, 7 (1) : 1	7 5 7, 6 (1) : 1

758,7(1):1	837,6(1):1	916,5(1):1	985,7(1):1
759,7(1):1	838,6(1):1	917,6(1):1	986,8(1):1
761,5(1):1	839,7(1):1	918,6(1):1	987,8(1):1
762,5(1):1	841,4(1):1	919,6(1):1	988,8(1):1
763,5(1):1	842,5(1):1	921,4(1):1	989,9(1):1
764,6(1):1	843,5(1):1	922,4(1):1	991,6(1):1
765,6(1):1	844,5(1):1	923,5(1):1	992,7(1):1
766,6(1):1	845,6(1):1	924,5(1):1	993,7(1):1
767,7(1):1	846,6(1):1	925,5(1):1	994,7(1):1
768,7(1):1	847,6(1):1	926,6(1):1	995,8(1):1
769,7(1):1	848,7(1):1	927,6(1):1	996,8(1):1
771,5(1):1	849,7(1):1	928,6(1):1	997,8(1):1
772,5(1):1	851,5(1):1	929,7(1):1	998,9(1):1
773,6(1):1	852,5(1):1	931,4(1):1	999,9(1):1
774,6(1):1	853,5(1):1	932,5(1):1	
775,6(1):1	854,6(1):1	933,5(1):1	
776,7(1):1	855,6(1):1	934,5(1):1	
777,7(1):1	856,6(1):1	935,6(1):1	
778,7(1):1	857,7(1):1	936,6(1):1	
779,8(1):1	858,7(1):1	937,6(1):1	
781,5(1):1	859,7(1):1	938,7(1):1	
782,6(1):1	861,5(1):1	939,7(1):1	
783,6(1):1	862,5(1):1	941,5(1):1	
784,6(1):1	863,6(1):1	942,5(1):1	
785,7(1):1	864,6(1):1	943,5(1):1	
786,7(1):1	865,6(1):1	944,6(1):1	
787,7(1):1	866,7(1):1	945,6(1):1	
788,8(1):1	867,7(1):1	946,6(1):1	
789,8(1):1	868,7(1):1	947,7(1):1	
791,6(1):1	869,8(1):1	948,7(1):1	
792,6(1):1	871,5(1):1	949,7(1):1	
793,6(1):1	872,6(1):1	951,5(1):1	
794,7(1):1	873,6(1):1	952,5(1):1	
795,7(1):1	874,6(1):1	953,6(1):1	
796,7(1):1	875,7(1):1	954,6(1):1	
797,8(1):1	876,7(1):1	955,6(1):1	
798,8(1):1	877,7(1):1	956,7(1):1	
799,8(1):1	878,8(1):1	957,7(1):1	
811,3(1):1	879,8(1):1	958,7(1):1	
812,4(1):1	881,6(1):1	959,8(1):1	
813,4(1):1	882,6(1):1	961,5(1):1	
814,4(1):1	883,6(1):1	962,6(1):1	
815,5(1):1	884,7(1):1	963,6(1):1	
816,5(1):1	885,7(1):1	964,6(1):1	
817,5(1):1	886,7(1):1	965,7(1):1	
818,6(1):1	887,8(1):1	966,7(1):1	
819,6(1):1	888,8(1):1	967,7(1):1	
821,4(1):1	889,8(1):1	968,8(1):1	
822,4(1):1	891,6(1):1	969,8(1):1	
823,4(1):1	892,6(1):1	971,6(1):1	
824,5(1):1	893,7(1):1	972,6(1):1	
825,5(1):1	894,7(1):1	973,6(1):1	
826,5(1):1	895,7(1):1	974,7(1):1	
827,6(1):1	896,8(1):1	975,7(1):1	
828,6(1):1	897,8(1):1	976,7(1):1	
829,6(1):1	898,8(1):1	977,8(1):1	
831,4(1):1	899,9(1):1	978,8(1):1	
832,4(1):1	911,4(1):1	979,8(1):1	
833,5(1):1	912,4(1):1	981,6(1):1	
834,5(1):1	913,4(1):1	982,6(1):1	
835,5(1):1	914,5(1):1	983,7(1):1	
836,6(1):1	915,5(1):1	984,7(1):1	

Əlavə 4. Sıxlıq çıxış signalı üçün sabitlik mərhələsində ISE, IAE, MSE, MAE, həmçinin mütləq və nisbi xəta göstəricilərinin MATLAB mühitində hesablanması proqram təminatı

```
y = out.sixliq_data.signals.values;
t = out.sixliq_data.time;
r = 800;

ix = find(t >= 3);
tt = t(ix);
yy = y(ix);
e = r - yy;

ise = trapz(tt, e.^2);
iae = trapz(tt, abs(e));
dt = tt(end) - tt(1);
mse = ise / dt;
mae = iae / dt;

fprintf('\n Sabitlikdən sonra analiz:\n');
fprintf('ISE = %.6f\n', ise);
fprintf('IAE = %.6f\n', iae);
fprintf('MSE = %.6f\n', mse);
fprintf('MAE = %.6f\n', mae);

ye = yy(end);
abs_err = abs(r - ye);
rel_err = (abs_err / r) * 100;

fprintf('\n Əlavə xəta qiymətləri:\n');
fprintf('AbsErr = %.6f', abs_err);
fprintf('RelErr = %.6f%%\n', rel_err);
```

```

>> y = out.sixliq_data.signals.values;
t = out.sixliq_data.time;
r = 800;

ix = find(t >= 3);
tt = t(ix);
yy = y(ix);
e = r - yy;

ise = trapz(tt, e.^2);
iae = trapz(tt, abs(e));
dt = tt(end) - tt(1);
mse = ise / dt;
mae = iae / dt;

fprintf('\n Sabitlikdən sonra analiz:\n');
fprintf('ISE = %.6f\n', ise);
fprintf('IAE = %.6f\n', iae);
fprintf('MSE = %.6f\n', mse);
fprintf('MAE = %.6f\n', mae);

ye = yy(end);
abs_err = abs(r - ye);
rel_err = (abs_err / r) * 100;

fprintf('\n Əlavə xəta qiymətləri:\n');
fprintf('AbsErr = %.6f\n', abs_err);
fprintf('RelErr = %.6f%%\n', rel_err);

    Sabitlikdən sonra analiz:
ISE = 0.983205
IAE = 0.991533
MSE = 0.140458
MAE = 0.141648

    Əlavə xəta qiymətləri:
AbsErr = 0.000002
RelErr = 0.000000%
fx >>

```

Əlavə 5. Neft məhsullarının temperatur düzəldiricisi əsasında cari sıxlığının hesablanması üçün Python proqramlaşdırma dilində tərtib olunmuş proqram
(Qeyd: Python-Jupyter Notebook)

def hesabla():

print("Sınaq olunan neft məhsulu: avtomobil benzini (0.71 - 0.76)")

print("-----")

print("Ölçmə | a | b | PT | TP | P")

print("-----")

a = [0.7100, 0.7100, 0.7200, 0.7200, 0.7300, 0.7300, 0.7400, 0.7400, 0.7500, 0.7500]

b = [0.7199, 0.7199, 0.7299, 0.7299, 0.7399, 0.7399, 0.7499, 0.7499, 0.7599, 0.7599]

pt = [0.7150, 0.7190, 0.7260, 0.7280, 0.7320, 0.7370, 0.7460, 0.7480, 0.7510, 0.7530]

tp = [0.000884, 0.000884, 0.000871, 0.000871, 0.000858, 0.000858, 0.000845, 0.000845, 0.000832, 0.000832]

for i in range(10):

p = pt[i] + tp[i]

print(f'{{i+1:5d}} | {{a[i]:8.4f}} | {{b[i]:8.4f}} | {{pt[i]:8.4f}} | {{tp[i]:8.6f}} | {{p:8.4f}}')

hesabla()

```
[11]: def hesabla():
print("Sınaq olunan neft məhsulu: avtomobil benzini (0.71 - 0.76)")
print("-----")
print("Ölçmə | a | b | PT | TP | P")
print("-----")

a = [0.7100, 0.7100, 0.7200, 0.7200, 0.7300, 0.7300, 0.7400, 0.7400, 0.7500, 0.7500]
b = [0.7199, 0.7199, 0.7299, 0.7299, 0.7399, 0.7399, 0.7499, 0.7499, 0.7599, 0.7599]
pt = [0.7150, 0.7190, 0.7260, 0.7280, 0.7320, 0.7370, 0.7460, 0.7480, 0.7510, 0.7530]
tp = [0.000884, 0.000884, 0.000871, 0.000871, 0.000858, 0.000858, 0.000845, 0.000845, 0.000832, 0.000832]

for i in range(10):
p = pt[i] + tp[i]
print(f'{{i+1:5d}} | {{a[i]:8.4f}} | {{b[i]:8.4f}} | {{pt[i]:8.4f}} | {{tp[i]:8.6f}} | {{p:8.4f}}')

hesabla()
```

Sınaq olunan neft məhsulu: avtomobil benzini (0.71 - 0.76)

Ölçmə	a	b	PT	TP	P
1	0.7100	0.7199	0.7150	0.000884	0.7159
2	0.7100	0.7199	0.7190	0.000884	0.7199
3	0.7200	0.7299	0.7260	0.000871	0.7269
4	0.7200	0.7299	0.7280	0.000871	0.7289
5	0.7300	0.7399	0.7320	0.000858	0.7329
6	0.7300	0.7399	0.7370	0.000858	0.7379
7	0.7400	0.7499	0.7460	0.000845	0.7468
8	0.7400	0.7499	0.7480	0.000845	0.7488
9	0.7500	0.7599	0.7510	0.000832	0.7518
10	0.7500	0.7599	0.7530	0.000832	0.7538

Əlavə 6. Neft məhsullarının cari sıxlığının hesablanması üçün proqram təminatı
Python (Jupyter Notebook)

```
x = input("Ölçüləri vergüllə yaz: ")
xl = [float(i.strip()) for i in x.split(',')]

pt = float(input("PT qiymətini yaz: "))
t = float(input("Temp yaz: "))

k1 = 0.01
k2 = 0.000013
tp = 0.000962

a = xl[0]
for i in xl:
    if i < a:
        a = i

b = xl[0]
for i in xl:
    if i > b:
        b = i

k = 0
p = None

while k <= 24:
    a1 = a + k1 * k
    b1 = b + k1 * k

    if a1 <= pt <= b1:
        tpk = tp - k2 * k
        p = pt - tpk * (t - 20)
        break
    k += 1

if p:
    print(f"\nNəticə: {p:.4f} kg/m³")
else:
    print("\ntapılmadı")
```

Əlavə 7. Neft məhsullarının cari sıxlığının avtomatik hesablanması üçün proqram təminatı
(Qeyd: Proqram Matlab 2023b versiyasında tərtib olunmuşdur)

```
clc
clear
n = input('n=');
for i = 1:n
    x(i) = input(sprintf('x(%d)=',i));
end
for i = 1:n
    xx(i) = input(sprintf('xx(%d)=',i));
end
pt = input('PT=');
t = input('T=');
xmin = x(1);
for i = 2:n
    if x(i) < xmin
        xmin = x(i);
    end
end
xmax = x(1);
for i = 2:n
    if x(i) > xmax
        xmax = x(i);
    end
end
a = xmin;
b = xmax;
k1 = 0.01;
k2 = 0.000013;
tp = 0.000962;
for k = 0:24
    a1 = a + k1*k;
    b1 = b + k1*k;
    if (pt >= a1) && (pt <= b1)
        tpk = tp - k2*k;
        p = pt - tpk * (t - 20);
        fprintf('P=%.4f\n', p);
        break
    end

    if k == 24
        disp('daxil araliqda deyil')
    end
end
```

Əlavə 8. Neft məhsullarının temperatur tənzimlənməsi üçün Fuzzy defazifikasiya prosesinin proqram təminatı (*Python-Jupyter Notebook*)

```
x = [30, 50]
u = [0.285, 0.444]
toplama = sum(a*b for a,b in zip(x, u))
cəm = sum(u)
if cəm != 0:
    nəticə = toplama / cəm
else:
    nəticə = 0
print(f' {nəticə:.2f} ")
```

Əlavə 9. Qeyri-müəyyən mühitdə neft məhsullarının sıxlığının defazifikasiya metodu əsasında hesablanması üçün proqram təminatı (Python-Jupyter Notebook)

```
import numpy as np

x = np.array([
    744, 746, 748, 750, 752, 754, 756, 758, 760,
    762, 764, 766, 768, 770, 772, 774, 776, 778,
    780, 782, 784, 786, 788, 790
])

u = np.array([
    0.0120, 0.0150, 0.0180, 0.0210, 0.0240, 0.0270, 0.0300, 0.0330, 0.0360,
    0.0390, 0.0420, 0.0450, 0.0480, 0.0510, 0.0540, 0.0570, 0.0600, 0.0630,
    0.0660, 0.0690, 0.0720, 0.0750, 0.0780, 0.0814 # bu sonuncu incə tənzimlənib
])

pay = np.sum(x * u)
mexrec = np.sum(u)
natic = pay / mexrec if mexrec != 0 else 0

print(f'{natic:.6f} kg/m³')
```

Əlavə 10. Aviasiya benzini üçün sıxlığın hesablanması Python proqramı (Python-Jupyter Notebook)

```
import pandas as p

m = {
    "Ölçmə": list(range(1,11)),
    "a": [730]*5 + [740]*5,
    "b": [739.9]*5 + [749.9]*5,
    "PT": [732.0,733.0,735.0,736.0,739.0,744.0,745.0,746.0,748.0,749.0],
    "TP": [0.000858]*5 + [0.000845]*5
}

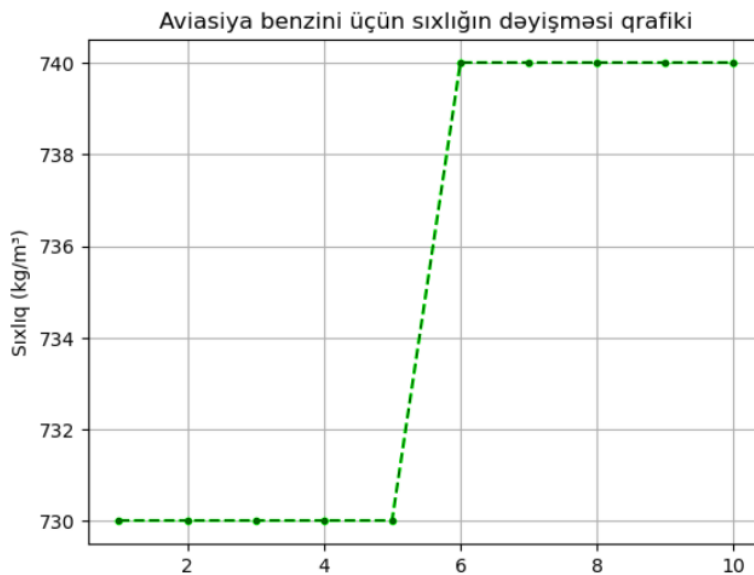
c = p.DataFrame(m)
c["P"] = c["a"] + (c["b"] - c["a"]) * c["TP"]
c = c[["Ölçmə", "a", "b", "PT", "TP", "P"]]

print(c.to_string(index=False))

import matplotlib.pyplot as plt

plt.plot(c["Olcme"], c["P"], marker='.', linestyle='--', color='darkgreen')
plt.xlabel("Nömrə")
plt.ylabel("Sıxlıq (kg/m³)")
plt.title("Aviasiya benzini üçün sıxlığın dəyişməsi qrafiki")
plt.grid(True)
plt.show()
```

Ölçmə	a	b	PT	TP	P
1	730	739.9	732.0	0.000858	730.008494
2	730	739.9	733.0	0.000858	730.008494
3	730	739.9	735.0	0.000858	730.008494
4	730	739.9	736.0	0.000858	730.008494
5	730	739.9	739.0	0.000858	730.008494
6	740	749.9	744.0	0.000845	740.008365
7	740	749.9	745.0	0.000845	740.008365
8	740	749.9	746.0	0.000845	740.008365
9	740	749.9	748.0	0.000845	740.008365
10	740	749.9	749.0	0.000845	740.008365



İxtisarlara və şərti işarələrin siyahısı

ANP	Avtonəqliyyat parkı
NB	Neft bazası
NV	Nəqliyyat vasitəsi
NV1	Nəqliyyat vasitəsi 1
NV2	Nəqliyyat vasitəsi 2
NV3	Nəqliyyat vasitəsi 3
NV4	Nəqliyyat vasitəsi 4
PID	Proportional-Integral-Derivative - (Proporsional-İnteqral-Törəmə)
PŞ	Petri şəbəkəsi
QSPŞ	Qeyri-səlis Petri şəbəkəsi
RPS	Rəngli Petri şəbəkəsi
TPI	Tətbiqi proqramlaşdırma interfeysi
YDM	Yanacaq doldurma məntəqəsi
ZPS	Zaman Petri şəbəkəsi
SIL	Safety Integrity Level - Təhlükəsizlik bütövlüyü səviyyəsi